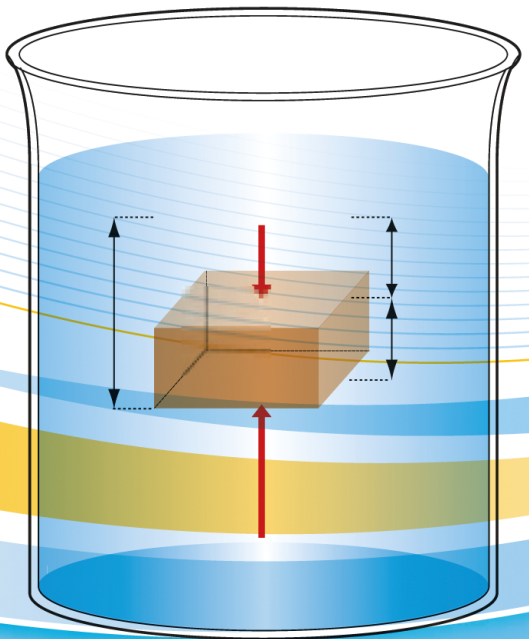
الجمهورية اليمنية
وزارة التربية والتعليم
قطاع المناهج والتوجيه
الإدارة العامة للمناهج

# الفيـزياء

## للصف الأول الثانوي



حقوق الطبع محفوظة لوزارة التربية والتعليم
١٤٣٦هـ / ٢٠١٥م

إيماناً منا بأهمية المعرفة ومواكبة لعصر التكنولوجيا تتشرف الإدارة العامة للتعليم الإلكتروني بخدمة أبنائنا الطلاب والطالبات في ربوع الوطن الحبيب بهذا العمل آملين أن ينال رضا الجميع

فكرة وإعداد

أ. عادل علي عبدالله البقع

مساعد

أ. زينب محمود السمان

مراجعة وتدقيق

أ. ميسونة العبيدي

أ. فاطمة العجل

أ. أفراح الحزمي

متابعة

أمين الإدريسي

إشراف مدير عام

الإدارة العامة للتعليم الإلكتروني

أ. محمد عبده الصرمي

el-online.net

وزارة التربية والتعليم
قطاع المناهج والتوجيه
الإدارة العامة للمناهج

# الفيـــزياء

## للصف الأول الثانوي

فريق التأليف

أ.د. داؤود عبدالملك الحدابي/ رئيساً

أ.د. عـــمـــر صـــالـح بابقي  أ. أم السعد محمد عبدالحي محمد
د. هـزاع عـبـده سـالم الحـمـيـدي  أ. مـحـفـوظ مـحـمـد سـلام مـسـعـود
أ. جـمـيـل أسـعـد مـحـمـد  أ. رمـضـان سـالـم الـنـجـار

فريق المراجعة

أ. عبد السلام محمد النقيب.  أ. عبد القوي علي الشباطي.
أ. سري مكرد ناشر.  أ. مصطفى أحمد الأسعد.

تنسيق: أ. محمد علي ثابت.
تدقيق : د. عبد الله الشامي.

الإخراج الفني

الصف الطباعي: سماح حمود مسعود
الصور والرسوم: عبدالولي عبدالله الرهاوي - ارسلان الأغبري
التصميم والإخراج: أشرف أحمد الجرموزي
خالد أحمد يحيى العلفي

تدقيق التصميم : حامد عبدالعالم الشيباني

١٤٣٦هـ / ٢٠١٥م

el-online.net

المصدر: قانون رقم (٣٦) لسنة ٢٠٠٦م بشأن السلام الجمهوري ونشيد الدولة الوطني للجمهورية اليمنية


## أعضاء اللجنة العليا للمناهج

أ. د. عبدالرزاق يحيى الأشول.

د/ عبدالله عبده الحامدي.
د/ عبدالله سالم لملس.
أ/ أحمد عبدالله أحمد.
د/ فضل أحمد ناصر مطلي.
د/ صالح ناصر الصوفي.
د/ محمد عمر سالم باسليم.
أ.د/ داوود عبدالملك الحدابي.
أ.د/ محمد حاتم المخلافي.
أ.د/ محمد عبدالله الصوفي.
د/ عبده أحمد علي النزيلي.
أ/ محمد عبدالله زبارة.

أ/ عبدالكريم محمد الجنداري.
أ/ علي حسين الحيمي.
د/ إشراق هائل عبدالجليل الحكيمي.
أ/ محسن صالح حسين اليافعي.
د/ أحمد علي المعمري.
أ.د/ محمد سرحان سعيد المخلافي.
أ.د/ شكيب محمد باجرش.
أ.د/ صالح عوض عرم.
أ.د/ أنيس أحمد عبدالله طائع.
أ.د/ إبراهيم محمد الحوثي.
أ/ عبدالله علي إسماعيل الرازحي.

د. عبدالله سلطان الصلاحي.


el-online.net

بسم الله الرحمن الرحيم

# تقديم

في إطار تنفيذ التوجهات الرامية للاهتمام بنوعية التعليم وتحسين مخرجاته تلبية للاحتياجات ووفقاً للمتطلبات الوطنية.

فقد حرصت وزارة التربية والتعليم في إطار توجهاتها الإستراتيجية لتطوير التعليم الأساسي والثانوي على إعطاء أولوية استثنائية لتطوير المناهج الدراسية، كونها جوهر العملية التعليمية وعملية ديناميكية تتسم بالتجديد والتغيير المستمرين لاستيعاب التطورات المتسارعة التي تسود عالم اليوم في جميع المجالات.

ومن هذا المنطلق يأتي إصدار هذا الكتاب في طبعته المعدلة ضمن سلسلة الكتب الدراسية التي تم تعديلها وتنقيحها في عدد من صفوف المرحلتين الأساسية والثانوية لتحسين وتجويد الكتاب المدرسي شكلاً ومضموناً، لتحقيق الأهداف المرجوة منه، اعتماداً على العديد من المصادر، أهمها: الملاحظات الميدانية، والمراجعات المكتبية لتلافي أوجه القصور، وتحديث المعلومات وبما يتناسب مع قدرات المتعلم ومستواه العمري، وتحقيق الترابط بين المواد الدراسية المقررة، فضلاً عن إعادة تصميم الكتاب فنياً وجعله عنصراً مشوقاً وجذاباً للمتعلم وخصوصاً تلاميذ الصفوف الأولى من مرحلة التعليم الأساسي.

ويعد هذا الإنجاز خطوة أولى ضمن مشروعنا التطويري المستمر للمناهج الدراسية ستتبعها خطوات أكثر شمولية في الأعوام القادمة، وقد تم تنفيذ ذلك بفضل الجهود الكبيرة التي بذلها مجموعة من ذوي الخبرة والاختصاص في وزارة التربية والتعليم والجامعات من الذين أنضجتهم التجربة وصقلهم الميدان برعاية كاملة من قيادة الوزارة والجهات المختصة فيها.

ونؤكد أن وزارة التربية والتعليم لن تتوانى عن السير بخطى حثيثة ومدروسة لتحقيق أهدافها الرامية إلى تنوير الجيل وتسليحه بالعلم وبناء شخصيته المتزنة والمتكاملة القادرة على الإسهام الفاعل في بناء الوطن اليمني الحديث والتعامل الإيجابي مع كافة التطورات العصرية المتسارعة والمتغيرات المحلية والإقليمية والدولية.

**أ.د. عبدالرزاق يحيى الأشول**

**وزير التربية والتعليم**

**رئيس اللجنة العليا للمناهج**



el-online.net

بسم الله الرحمن الرحيم

## مقدمة

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف المرسلين وعلى آله وصحبه أجمعين . . وبعد :

فهذا هو كتاب الفيزياء للصف الأول الثانوي ضمن سلسلة ثلاثة كتب لهذه المرحلة، والذي تم تأليفه بعد جهد كبير، وبعد تراكم خبرات التأليف لدينا، وبعد أن تم إنجاز كتب المرحلة الأساسية لمادة العلوم، حيث نتوقع من هذا الكتاب أن يلبي طموحاتنا الكبيرة التي نتمنى أن يتسلح بها الجيل الجديد خاصة وأن التطورات في هذا المجال متسارعة ومتلاحقة .

إن علم الفيزياء الذي يقوم بدراسة الطبيعة من حولنا وما ينتج عنها من ظواهر طبيعية بسبب تحولات المادة والطاقة ودراسة قوانين هذه التحولات وتفسيرها علمياً والعمل علي تسخيرها لصالح الإنسان، إنما يشكل بالنسبة للعلوم الأخرى مصدراً أساسياً للمعرفة ومجالاً هاماً للتطبيق العملي لتلك العلوم .

وقد احتوى هذا الكتاب على ثمان وحدات دراسية شملت المجالات المختلفة لاهتمام علم الفيزياء وبشكل أكثر عمقاً عما تم تناوله في المرحلة الأساسية بما يضمن تحقيق خطوة من التطور لمواكبة التحولات السريعة في العلوم وفي جميع مجالاتها والتي تتطلب تطوير أدوات التعليم والتعلم واستخدام الأساليب التربوية الحديثة المشجعة لروح البحث والابداع عند المدرس والطالب واستخدام تكنولوجيا التعليم الحديثة .

فقد احتوت الوحدة الأولى من هذا الكتاب أهمية علم الفيزياء وعلاقته بالعلوم الأخرى إلى جانب القياس وأنظمته وأدواته والكميات الفيزيائية .

وتناولت الوحدة الثانية الحركة في خط مستقيم وفيها تم تناول المفاهيم المختلفة مثل : الإزاحة والسرعة ومعادلات الحركة في خط مستقيم بعجلة منتظمة والسقوط الحر وقوانين نيوتن للحركة والقصور الذاتي وقوة الاحتكاك .

أما الوحدة الثالثة فقد احتوت على خواص المواد الصلبة والموائع التي تتحدث



el-online.net

عن النظرية الحركية الجزيئية، والمرونة في الأجسام الصلبة، وخواص الموائع الساكنة، والضغط في السوائل، والضغط الجوي.

أما الوحدة الرابعة فقد تناولنا فيها الشغل والقدرة والطاقة، وهي امتداد لما درسه الطالب في الوحدة الأساسية مثل : الشغل، القدرة، العلاقة بين الشغل والطاقة، مبدأ بقاء الطاقة، الدفع وكمية التحرك والتصادم .. الخ.

أما الوحدة الخامسة فقد تناولت الكهرباء الساكنة وتم استعراض المفاهيم الآتية:

المجال الكهربائي، والجهد الكهربائي، والسعة الكهربائية، والمكثفات، وطرق توصيل المكثفات في الدوائر الكهربائية.

الوحدة السادسة احتوت على التيار الكهربائي، والمقاومة الكهربائية، والأعمدة الكهربائية.

أما الوحدة السابعة فقد تحدثت عن القياسات الحرارية، وتعريف درجة حرارة الجسم، والسعة الحرارية للجسم، وتفسير انتقال الحرارة في الأوساط المختلفة.

أما الوحدة الأخيرة فقد تناولت أثر الحرارة على الأجسام، وأخذت بعين الاعتبار أن الأجسام تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة، والتمدد الطولي للأجسام الصلبة، والتمدد الحجمي للأجسام، وكذا التمدد الشاذ للماء، وكذا تمدد الغازات، والغاز المثالي، والقانون العام للغازات.

نتمنى أن تضيف هذه المعلومات شيئاً جديداً للطالب وتشجعه علي الاستمرار في تطوير مفاهيمه وتوسيع مداركه في مجال الفزياء وفروعه المختلفة.

نأمل من الأخوات والأخوة الأساتذة والموجهين في الميدان ألا يبخلوا علينا بأرآئهم وملاحظاتهم حول مادة الكتاب حتى نستفيد من ذلك في تطوير كتب الصفين اللاحقين من المرحلة الثانوية.

والله نسأل أن يوفقنا جميعاً لما فيه خير أمتنا..

**فريق التأليف**



el-online.net

# المحتويات


الوحدة الأولى : علم الفيزياء والقياسات الفيزيائية ---- ٨

ـ علم الفيزياء ---- ٩

ـ أهمية علم الفيزياء وعلاقته بالعلوم الأخرى ---- ١١

ـ القياس وأنظمته ---- ١٣

ـ أدوات القياس ---- ١٥

ـ الكميات الفيزيائية ---- ١٨

ـ تقويم الوحدة ---- ٣٢

الوحدة الثانية : الحركة على خط مستقيم ---- ٣٤

ـ الإزاحة ---- ٣٥

ـ السرعة ---- ٣٦

ـ معادلات الحركة على خط مستقيم بعجلة منتظمة (ثابتة) ---- ٤٣

ـ السقوط الحر ---- ٤٥

ـ قوانين نيوتن للحركة ---- ٤٨

ـ تقويم الوحدة ---- ٥٨

الوحدة الثالثة : خواص المواد الصلبة والموائع ---- ٦٢

ـ النظرية الحركية الجزيئية ---- ٦٣

ـ المرونة في الأجسام الصلبة ---- ٦٧

ـ خواص الموائع الساكنة ---- ٧٤

ـ الضغط في السوائل ---- ٧٧

ـ الضغط الجوي ---- ٧٩

ـ تقويم الوحدة ---- ٨٣

الوحدة الرابعة : الشغل والقدرة والطاقة ---- ٨٥

ـ الشغل ---- ٨٦

ـ القدرة ---- ٩٣

ـ الشغل والطاقة ---- ٩٦

ـ مبدأ حفظ الطاقة ---- ١٠٣

ـ الدفع وكمية التحرك والتصادم ---- ١٠٩

ـ تقويم الوحدة ---- ١١٥




el-online.net

الوحدة الخامسة : الكهـربـاء السـاكنـة ---------- ١١٨

ـ المجال الكهـربـائي ---------- ١١٩

ـ الجهـد الكهـربـائي ---------- ١٢٢

ـ السعة الكهـربـائية والمكثفـات ---------- ١٢٧

ـ طرق توصيل المكثفات في الدوائر الكهـربـائية ---------- ١٣٢

ـ تقويم الـوحـدة ---------- ١٣٥

الوحدة السادسة : التيـار الكهـربـائـي ---------- ١٣٩

ـ التيـار الكهـربـائي ---------- ١٤١

ـ المقـاومـة الكهـربـائية ---------- ١٤٦

ـ الأعمـدة الكهـربـائية ---------- ١٥٠

ـ تقويم الـوحـدة ---------- ١٥٥

الوحدة السابعة : القيـاسـات الحـراريـة ---------- ١٥٨

ـ الحرارة ---------- ١٦٠

ـ تعريف درجة حرارة الجسم ---------- ١٦٣

ـ السعة الحرارية للجسم وعلاقتها بالحرارة النوعية لمادة الجسم ---------- ١٧٠

ـ تفسير انتقال الحرارة في الأوساط المختلفة ---------- ١٧١

ـ تقويم الـوحـدة ---------- ١٧٤

الوحدة الثامنة : أثـر الحـرارة على الأجسـام ---------- ١٧٨

ـ الأجسام تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة ---------- ١٧٩

ـ التمدد الطولي للأجسام الصلبة ---------- ١٨٠

ـ التمدد الحجمي للأجسام ---------- ١٨٢

ـ التمدد الشاذ للماء ---------- ١٨٦

ـ تمدد الغـازات ---------- ١٨٧

ـ الغـاز المثـالـي ---------- ١٨٩

ـ تقويم الـوحـدة ---------- ١٩٢

ملاحق الكتـاب ---------- ١٩٦




el-online.net

# الوحدة الأولى

# علم الفيزياء والقياسات الفيزيائية
# Physics and Physical Measurments

## أهداف الوحدة :

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :**

١ – توضح ماهية علم الفيزياء وطبيعته ومجالاته المختلفة .

٢ – تبين أهمية علم الفيزياء وارتباطه بالعلوم الأخرى وبالتكنولوجيا .

٣ – تصنف الكميات الفيزيائية الأساسية والمشتقة، والقياسية والمتجهة في ضوء دراسة خصائص كل منها .

٤ – تتعرف على أنظمة القياس المختلفة، والوحدات المستخدمة للقياس .

٥ – تعين بعض الكميات الفيزيائية عملياً باستخدام أدوات القياس المختلفة .

٦ – تقدر جهود العلماء خاصة العرب والمسلمين في تطور علم الفيزياء .



el-online.net

# علـم الفيـزيــاء

أطلق اسم الفيزياء ( physics ) على العلم الذي يعنى بدراسة الطبيعة والظواهر الطبيعية المختلفة مثل: البرق والرعد والكسوف والخسوف وغيرها بعيداً عن الخرافات السائدة، ويفسر حدوثها ويتوقع نتائجها.

قسمت الفيزياء بدايةً إلى خمسة أقسام هي : الميكانيكا، والديناميكا الحرارية، والسمعيات ( الصوت )، والضوء، والكهرباء، ومع اكتشاف الذرة ظهرت الفيزياء الخاصة بالظواهر الجزيئية والذرية، والنووية.

- "ألبيرت أينشتاين" ولد في ألمانيا عام ١٨٧٩م وتوفي في أمريكا عام ١٩٥٥م نشر أول أعماله حول نظريته الشهيرة في النسبية وحصل على جائزة نوبل في العلوم عام ١٩٢١م.

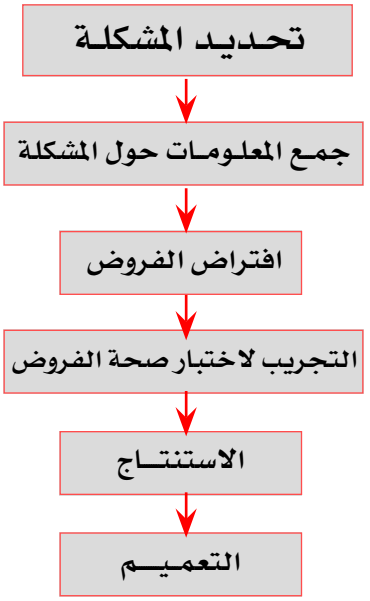
وقد توصل العالم الألماني" ألبيرت أينشتاين" إلى أن المادة يمكن تحويلها إلى صور مختلفة من صور الطاقة، وبذلك تكون المادة هي إحدى صور الطاقة.

وبدأت بذلك الأعمال والأبحاث التي أدت إلى صنع القنبلة الذرية ثم إلي إنشاء محطات القدرة الذرية، وما نشهده اليوم من التطور العلمي والتكنولوجي يعد نتيجة لتطور علم الفيزياء .

- هل علم الفيزياء يعتمد على التفكير المجرد أم هو علم تجريبي؟
- أكدت الدراسات والتجارب التي قام بها العديد من العلماء أن البحث العلمي لا يرتكز على التفكير المجرد فقط وإنما على التجريب أيضاً ، إذ يجب دراسة الظواهر الطبيعية بطريقتين: نظرية وتجريبية ملموسة للوصول إلى استنتاجات مؤكدة في صورة قوانين وقواعد ونظريات وفق المنهج العلمي، أو كما يسميه البعض المنهج التجريبي الذي يتطلب نمطاً من التفكير يسمى الأسلوب العلمي في التفكير والذي يتألف من مجموعة من الخطوات المتسلسلة، كما يوضحها الشكل الآتي:



el-online.net

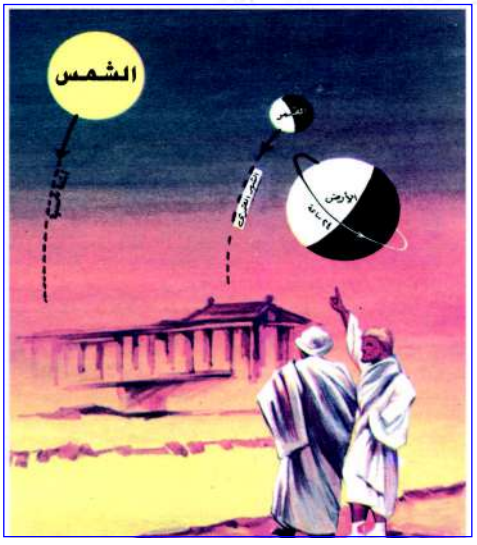



وقبل كل الاكتشافات نجد القرآن الكريم قد سبق كل العلوم في هذا المنهج العلمي، فالإنسان مأمور بالنظر والتفكير والتدبر في نفسه وفي الكون من حوله وعندما تتلو القرآن بتدبر سوف تدرك مفاتيح اكتشاف الكون من حولك وأن هذا الكون خاضع لسنن إلهية ثابتة، قال تعالى: ﴿سُنَّةَ ٱللَّهِ ٱلَّتِي قَدْ خَلَتْ مِن قَبْلُ وَلَن تَجِدَ لِسُنَّةِ ٱللَّهِ تَبْدِيلًا ﴿٢٣﴾﴾ [ الفتح ]، وقال تعالى: ﴿وَفِي ٱلْأَرْضِ ءَايَٰتٌ لِّلْمُوقِنِينَ ﴿٢٠﴾ وَفِيٓ أَنفُسِكُمْ ۚ أَفَلَا تُبْصِرُونَ ﴿٢١﴾﴾ [ الذاريات ].

ومن علماء المسلمين الذين أسهموا بجهود مثمرة في مجال تطبيق أسلوب التجريب العلمي والعملي لتطور العلوم:

١ – الحسن بن الهيثم: ( توفي عام ٤٣٠هـ)، يعتبر من الرواد المؤسسين للمنهج التجريبي في العلوم، ومؤسس علم الضوء فقد وضع القوانين الأساسية لانعكاس الضوء وانكساره، وكان كتابه "المناظر" مرجعاً علمياً لعدة قرون.

٢ – ابن عبدالله محمد بن سنان بن جابر



شكل ( ٢ ) البتاني يشرح نظريته في حركة أجرام السماء



el-online.net

الحراني : وقد عرف بالبتاني ( ٨٥٠م – ٩٢٩م ) ويعد من أعظم فلكيي العالم، اشتهر برصد الكواكب والأجرام السماوية بصفة عامة، وما زالت أعماله محل إعجاب العلماء وتقديرهم حتى يومنا هذا، على الرغم من عدم توفر الآلات الدقيقة المستخدمة اليوم، ومن أشهر مؤلفاته كتاب ( الزيج الصابي ) الذي يضم أكثر من ستين موضوعاً عن الفلك .

٣ – أبو أحمد محمد عبد السلام : وهو باكستاني نال جائزة نوبل في الفيزياء عام ١٩٧٩م لمساهمته في اكتشاف التيارات المتعادلة، ويعد من علماء المسلمين الذين أسهموا في تطور الفيزيائية في العصر الحديث .

**نشاط ( ١ ) :**

■ اشترك مع زملائك في إعداد موضوع عن دور علماء المسلمين في تقدم العلوم .

## أهمية علم الفيزياء وعلاقته بالعلوم الأخرى

تعد الفيزياء العلم الأساسي من بين العلوم الطبيعية، إذ لا توجد حدود فاصلة ودقيقة لكل مجال من مجالات العلوم المختلفة .

فما علاقة علم الفيزياء بالعلوم الأخرى ؟

سوف يتضح لك ذلك مما يلـــي :

### ١ – علم الكيميـاء Chemistry :

يهتم علم الكيمياء بدراسة تركيب المادة وخواصها وتغيراتها المختلفة الناتجة عن التفاعل بين المواد ، أو عند حدوث تغيرات في الطاقة وهي بذلك تستخدم العلاقات والقوانين الفيزيائية خاصة في مجال الكيمياء النووية والحسابات الكيميائية وغير ذلك، ومن هنا تمتزج الفيزياء بالكيمياء .



el-online.net

## ٢ ـ علم الأحيـاء Biology :

علم الفيـزياء يعنى بالطاقة وتحـولاتهـا، وبما أن الشـمس تعـد المصـدر الرئيس والطبيعي للطاقة.

فما علاقة ذلك بكل من النبات والإنسان والحيوان في الحصول على الطاقة اللازمة لكل منهما وقيامه بوظائفه الحيوية ؟

## ٣ ـ الجغرافيا الطبيعية Geophysics :

يبحث علم الجغرافيا الطبيعية في مختلف الظواهر الأرضية من وجهة نظر فيزيائية كالزلازل، والبراكين، والفيضانات وغيرها، ومن خلال دراستك لكل من الجغرافيا والفيزياء وضح الفرق بينهما.

## ٤ ـ الفلـك Space Physics :

يدرس هذا العلم مظاهر الفلك تبعاً لقوانين وقواعد فيزيائية، فالفيزياء تعنى بالمبادئ الأساسية للكون من خلال صياغة العديد من النظريات والقوانين والمعادلات التي تفسر النظام الكوني وأدت إلى تطور هذا العلم، ومن العلماء الذين أسهموا بجهد كبير في هذا المجال: البتاني وجاليليو، ونيوتن، وغيرهم.

## ٥ ـ الرياضيات Mathematics :

سوف تدرس في هذه الوحدة الكميات الفيزيائية والقياس وسيتم التعبير عنها بالأرقام، إذاً أنت تحتاج إلى الرياضيات لبيان العلاقات بين مختلف المتغيرات، فالرياضيات تزود العلوم عامة والفيزياء خاصة بأساليب وأدوات التعبير مثل: التناسب والمعادلات والخطوط البيانية، وهذا يفسر لماذا تكون الرياضيات لغة الفيزياء وبدون الرياضيات يصعب تحليل الظاهرة الفيزيائية – سواء نظرياً أم تجريبياً.

## ٦ ـ المجالات التطبيقية والتقنية :

إن ما يشهده العالم اليوم من تطور علمي وتقني ( تكنولوجي ) يعد في أبسط معانيه تطبيق عملي للمفاهيم العلمية، ويبدو ذلك من خلال الصناعات المختلفة كصناعة الأجهزة الكهربائية والالكترونية المختلفة، والآلات البسيطة والمركبة اللازمة



el-online.net

لحياة الإنسان من جهة وللقيام بالأبحاث والدرسات المهمة لتطوير علم الفيزياء والعلوم الأخرى من جهة أخرى.

كما أن ارتياد الفضاء وانتشار الفضائيات والانترنت، وتطور مجالات الطب والهندسة والزراعة والصناعة وغيرها من مجالات الحياة تعد تطبيقاً لمبادئ وقوانين فيزيائية.

**نشاط (٢):**

١- اكتب موضوعاً علمياً توضح فيه علاقة علم الفيزياء بالعلوم الأخرى مستعيناً بما درست من تلك العلوم.

٢- قم مع مجموعة من زملائك وبإشراف المدرس بزيارة إلى أحد الأماكن التالية والموجودة في منطقتك:

- الوحدة الصحية. - المستشفى. - المزرعة. - المصنع.

وذلك للتعرف على الأجهزة والمعدات التي كان لعلم الفيزياء دور في اكتشافها وتطورها موضحاً أهمية ذلك للإنسان والمجتمع من خلال:

أ - تقرير مفصل تعده مع زملائك ثم قم بنشر ذلك في المجلة العلمية للمدرسة.

ب - تصوير تلك المعدات والأجهزة صوراً فوتوغرافية ثم تعليقها في مجلة الحائط وكتابة الاسم تحت كل منها، ومجال الاستخدام.

## القيـــاس وأنظمتـــه

- ما القيـــاس ؟ .. ولمـاذا نقيس؟
- إن ما يقوم به العلماء من بحوث وتجارب وأعمال لدراسة ظاهرة معينة يتم التعبير عنها بالأرقام لبيان العلاقة بين متغيرات الظاهرة وكيفية التحكم فيها، والقياس هو أسلوب يتم بواسطته التعبير عن صفة لظاهرة فيزيائية برقم معين كنتيجة لمقارنة هذه الصفة بكمية معيارية مشابهة تم التعرف عليها كوحدة اعتبارية للقياس، فمثلاً:

إذا كان لديك صندوق مكعب الشكل فإن ذلك يمثل ظاهرة فيزيائية لأنه يدرك بالحواس مباشرةً، وطول الصندوق وعرضه وارتفاعه وحجمه وكتلته جميعها صفات لهذه الظاهرة، وأنت تقيس هذه الصفات بوحدات معيارية معينة



el-online.net

خصصت لقياسها، أما لماذا نقيس الظواهر الفيزيائية فذلك لتقنينها حتى يسهل علينا ادراكها وتفسيرها والاستفادة منها

## أنظمـــة القيـــاس

قديماً كان لكل بلد نظاماً معيناً تُستخدم فيه وحدات قياس قد يتفق أو يختلف فيها مع بلد آخر، وأدى ذلك إلى صعوبات كثيرة في التعامل خاصة في مجال التجارة.

وفي بلادنا استخدمت أنظمة قياس معينة ولا يزال البعض منها يستخدم حتى يومنا هذا ولها مقادير عيارية متعارف عليها ومنها على سبيل المثال:

- **المكـــاييـــــل**: وتقاس بالقدح، والنفر، والثمـن... وغيرها.
- **الأطـــــــوال**: وتقاس بالشبر، والذراع، والخطوة ... وغيرها.
- **المســـاحـــات**: وتقاس باللبنة، والمعـاد، والقصبة... وغيرها.
- **الأوزان**: وتقاس بالرطل، والأوقية، والقيراط... وغيرها.
- **الأشياء المعدودة**: وتقاس بالـدرزن ، والكـــورجة، الدستة.. وغيرها.
- أما الزمن فقد كان يعتمد تقديره على قياس ظل الشمس، وحركة النجوم ، وكان لذلك أهمية خاصة لتحديد مواقيت الصلاة.

**نشاط (٣):**

١ – قم بزيارة لتاجر القماش، أو تاجر الحبوب، وتعرف على المقاييس المستخدمة لديهم.

٢ – اسأل والديك عن وحدات قياس المساحات المستخدمة في بيئتك مثل: مساحات الأراضي السكنية أو الزراعية.

### النظام الدولي للقياس ( م . كجم . ث ):
### International system for measurment (S I)

ويسمى نظام ( متر، كيلوجرام، ثانية m k s ) أو النظام المتري وقد اتفق على هذا النظام للقياس في المؤتمر الدولي للأوزان والمقاييس عام ١٩٦٠م كنظام موحد للقياس يسمى النظام الدولي للقياس ( SI ) وفيه تستخدم وحدات دولية لقياس الكميات



el-online.net

الفيزيائية في المجالين العلمي والعملي وقد عممت عالمياً وذلك للتغلب على الصعوبات التي واجهت الدول بسبب اختلاف أنظمة القياس لتسهيل التعامل بين الدول مع بعضها البعض.

وفي هذا النظام يستخدم ( المتر ) كوحدة عيارية لقياس الأطوال، والكيلوجرام وحدة عيارية لقياس الكتل، والثانية وحدة عيارية لقياس الزمن، ودرجة كلفن وحدة لقياس درجة الحرارة ويسمى نظام ( متر، كيلوجرام، ثانية m k s )، وهنالك أيضاً النظام الفرنسي ونظام ( جاوس ) للقياس، وهذا النظام يستخدم مشتقات النظام الدولي للقياس عند قياس الكميات الصغيرة حيث يتخذ السنتيمتر وحدة أساسية لقياس الأطوال، والجرام وحدة أساسية لقياس الكتلة، والثانية وحدة أساسية لقياس الزمن ويسمى نظام ( سنتيمتر، جرام، ثانية ) ( سم، جم، ث ) أو ( c g s ) كذلك يوجد أيضاً النظام الإنجليزي للقياس ويسمى نظام ( قدم، رطل، ثانية ) وفيه يستخدم ( القدم ) وحدة أساسية لقياس الطول، ( الرطل ) أو( والباوند ) لقياس الكتل و( الثانية ) وحدة لقياس الزمن، و( الفهرنهيت ) وحدة لقياس درجة الحرارة.

## أدوات القيـــاس

### أدوات قياس الأطـــوال :

في الشكـل ( ٣ ) :

ما هو التدريج المستخدم في كل من المسطرة والشريط المتري ؟ وما مجالات استخدام كل منهما ؟

شكل ( ٣ ) : الشريط المتري

**نشاط ( ٤ ) :**

باستخدام الشريط المتري : قم بقياس أبعاد صفك، ثم احسب مساحته.

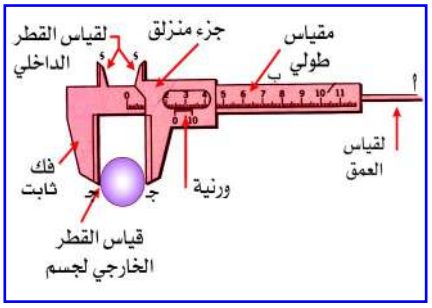
وتوجد أدوات أخرى تستخدم لقياس الأطوال والأبعاد الفيزيائية الصغيرة جداً للحصول على نتائج أكثر دقة وبسرعة مثل قياس قطر شعرة، أو طول كائن حي صغير وبوحدات قياس صغيرة مشتقة من المتر ومنها :



el-online.net

### ١ – القدمة ذات الورنية المترية :

The Metric Vernier Calipers



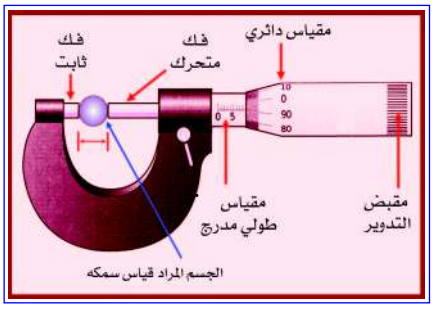

شكل ( ٤ ) : القدمة الورنية

للتعرف على تركيبها انظر الشكل ( ٤ )، وفيها الطرف (أ) يستخدم لقياس العمق، والفكان( جـ) لقياس القطر الخارجي، والفكان( د ) لقياس القطر الداخلي .

وتعد القدمة ذات الورنية من أفضل وأدق الأدوات لقياس سمك جسم، كما أنها تستخدم القطر الداخلي والخارجي لجسم أسطواني مجوف وقياس عمقه أيضاً وتبلغ دقة القياس لأقرب ١ر٠مم .

### ٢ – الميكرومتر (المقياس الحلزوني الدقيق) : The Meteric Micrometer Screw Gauge

تركيبه : انظر الشكل ( ٥ )، وهو أداة دقيقة جداً وتعطي قراءات لأقرب ٠ر٠٠١ مم، وتوجد منه أنواع كثيرة منها ما يستخدم في المختبرات والمعامل المدرسية ويبلغ تدريجه من ( صفر –٢٥مم )، ويستخدم لقياس الأطوال التي تتراوح بين هذا المعدل مثل سمك ورقة كتاب أو قطر سلك .




شكل ( ٥ ) : الميكرومتر

## أدوات قياس الكتل :

### ١ – الميزان الحساس ذو الكفتين : ( شكل ٦ أ ) :

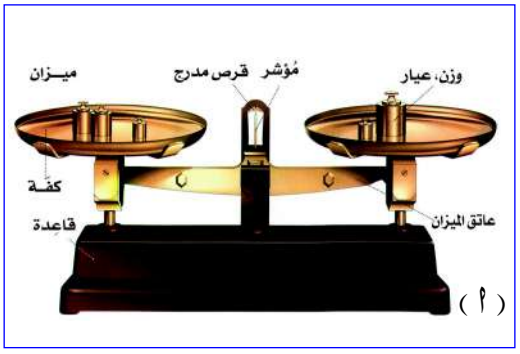
سبق لك دراسة هذا النوع من الموازين، وهو يعين الكتل الصغيرة جداً مثل كتل المواد الكيمياوية في التجارب العملية، والمجوهرات، وغيرها، ويعين القياس إلى أجزاء الجرام ( المللي جرام ) ويحفظ هذا الميزان في دولاب زجاجي لحساسيته فهو يتأثر بالهواء والغبار ودرجة الحرارة، كما أن القطع التي تستخدم لتعيين الكتل لا تمسك باليد وإنما بواسطة ملقط صغير لضمان دقة القياس .

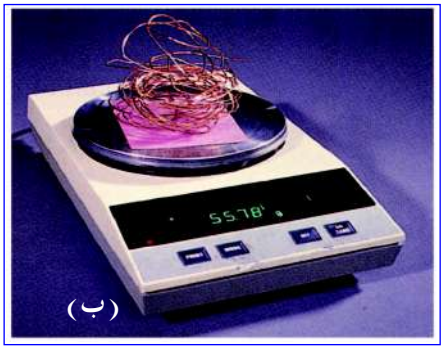
### ٢ – الميزان الالكتروني : ( شكل ٦ ب ) :

وهو أداة حديثة وأكثر دقة للقياس، حيث توضع المادة المراد قياسها على كفة الميزان، ثم تظهر القراءة الدالة على مقدار الكتلة على شاشة الكترونية صغيرة ويستخدم في المعامل المدرسية والمختبرات الطبية ومحال المجوهرات .



el-online.net




شكل ( ٦ ) : مقاييس الكتـل

## أدوات قيـاس الـزمـن :

لقد علمت أن الثانية هي الوحدة الأساسية لقياس الزمن، ومعروف أن كل ( ٦٠ ) ثانية = دقيقة، وكل ( ٦٠ ) دقيقة = ساعة، وكل ( ٢٤ ) ساعة = يوماً واحداً .

وفي المختبرات والمعامل العلمية وفي السباقات الرياضية تستخدم أنواعاً معينة من الساعات تسمى ( ساعة إيقاف ) ( Stop Watch ) لقياس أجزاء الثانية، وفي الساعة الرقمية يتم قياس الزمن إلى ( ٠,٠١ ) من الثانية، كما تعد الساعة الالكترونية أدق أنواع الساعات للقياسات الدقيقة، وهناك أنواع منها توجد بها وظيفة ساعة الايقاف .

ما وحدات قياس الزمن في ساعتك؟

شكل ( ٧ ) : مقاييس الزمن

**نشـاط ( ٥ ) :**

■ قم مع زملائك وباشراف المدرس بسباق للجري في ساحة المدرسة ثم استخدم ساعة إيقاف لقياس الزمن الذي استغرقه كل منكم لقطع المسافة المحددة للسباق .



el-online.net

جدول ( ١ ) أسماء ورموز وتعريفات الوحدات الأساسية :

| اسم الوحدة | الرمز | التعريف |
|---|---|---|
| المتر | م ( m ) | هو المسافة التي يقطعها الضوء في الفراغ خلال فترة زمنية قدرها ( $\frac{١}{٢٩٩٧٩٢٤٥٨}$ ) من الثانية . |
| الكيلوجرام | كجم ( kg ) | هو كتلة اسطوانة من سبيكة البلاتين والايريديوم، محفوظة في متحف باريس للأوزان والمقاييس، وتسمى كتلة النموذج الدولي للكيلو جرام . |
| الثانية | ث ( S ) | هي الفترة الزمنية التي يستغرقها الاشعاع الصادر من مستويات ذرة السزيوم ( ١٣٣ ) لعمل ( ٩١٩٢٦٣١٧٧٠ ) دورة . |

## الكميات الفيزيائية
## Physical Quantities

تعد أبعاد أي جسم وكتلته صفات فيزيائية تقاس بوحدات قياس معينة للتعبير عنها بأرقام محددة، وهذه الصفة المقاسة تسمى كمية فيزيائية، مثلاً :

التيار الكهربائي : لا يعني كمية فيزيائية ولكن شدة التيار كمية فيزيائية لأنها صفة يمكن قياسها .

كذلك المجال، والضوء، وغيرها، ليست كميات فيزيائية ولكن شدة المجال، وشدة الضوء، والطول الموجي هي كميات فيزيائية لأنها صفات يمكن قياسها .

وهناك نوعان من الكميات الفيريائية هما :

### ١ - الكميات الفيزيائية الأساسية : Basic Physical Quantities :

وهي الكميات التي تكون معرفة بذاتها وبما تم الاصطلاح عليه، ولا تعرف بدلالة الكميات الفيزيائية الأخرى مثل : الطول، الكتلة، والزمن، وهناك كميات أساسية أخرى مثل : شدة التيار ودرجة الحرارة وغير ذلك والجدول ( ٢ ) التالي يوضح بعض



el-online.net

الكميات الأساسية ووحدات قياسها في النظام الدولي للقياس.

جدول ( ٢ ) : الكميات الأساسية ووحدات قياسها في النظام الدولي

| الكمية الأساسية | رمز الكمية | وحدة القياس في النظام الدولي | |
|---|---|---|---|
| | | اسم وحدة القياس | رمز الوحدة |
| الطول | ل ( L ) | متر | م ( m ) |
| الكتلة | ك ( m ) | كيلو جرام | كجم ( kg ) |
| الزمن | ز ( t,T ) | ثانية | ث ( s ) |
| شدة التيار | ت ( i,I ) | أمبير | A |
| درجة الحرارة المطلقة | θ | درجة حرارة مطلقة ( كلفن ) | $^{\circ}K$ |
| شدة الاستضاءة | (cd) | شمعة عيارية ( قنديلة ) Candel | |

## ٢ – الكميات الفيزيائية المشتقة : Derived Physical Quantities

وهي الكميات التي يتم اشتقاقها من الكميات الأساسية، وتعرف بدلالتها، مثل: المساحة ، والحجم، التي تشتق من الطول، والسرعة والكثافة والعجلة ( التسارع ) والقوة، وغير ذلك، وللكميات المشتقة وحدات قياس مشتقة من الوحدات الأساسية:

ولبعض الكميات وحدات قياس أخرى في النظام الدولي اشتقت من المتر، كيلوجرام، ثانية كما في الجدول ( ٢ )، وتنسب أسماء تلك الوحدات إلى العلماء الذين كانت لهم جهود في ذلك المجال من العلم وذلك تقديراً لهم، ولسهولة التعامل معها، وللاختصار مثل:

- القـــــوة : وتقاس بالنيوتن ، نسبة للعالم الإنجليزي إسحاق نيوتن.
- المقـاومـــة : وتقاس بالأوم، نسبة للعالم الألماني أوم.



el-online.net

## جدول( ٣ ) بعض الكميات الفيزيائية المشتقة ووحدات قياسها :

| الكمية المشتقة | رمز الكمية | وحدة القياس في النظام الدولي | |
|---|---|---|---|
| | | اسم وحدة القياس | رمز الوحدة |
| المساحة | س ( A ) | المتر المربع | م$^{٢}$ |
| الحجم | ح ( V ) | المتر المكعب | م$^{٣}$ |
| السرعة | ع ( v ) | متر / ثانية | م / ث |
| العجلة | جـ ( a ) | متر / ثانية$^{٢}$ | م / ث$^{٢}$ |
| الكثافة | ث ( ρ ) | كيلوجرام / متر مكعب | كجم / م$^{٣}$ |
| القوة | ق ( F ) | كيلوجرام . متر / ثانية$^{٢}$ = نيوتن | $N = kg.m/s^2$ |
| الشغل | شغ ( w ) | نيوتن × متر = جول | $J = m \times N$ |
| الضغط | ض ( p ) | نيوتن / متر$^{٢}$ ( باسكال ) | $m^2 / N$ |
| الجهد الكهربائي | جـ ( v ) | جول / كولوم = فولت | V |
| المقاومة الكهربائية | م ( R ) | فولت / أمبير = أوم | Ω |
| كمية الحرارة | حر ( Q ) | نيوتن . متر = جول | J |
| الـــوزن | و ( W ) | ثقل كيلوجرام، نيوتن | ث كجم , N |

ولحساب الكميات المشتقة لابد من معرفة الكميات الأساسية التي اشتقت منها والعلاقات والقوانين التي تعرَّف بها تلك الكميات ووحدة قياسها .

- **اشتقاق وحدات قياس بعض الكميات الفيزيائية المشتقة بدلالة الكميات الأساسية :**

■ **أمثلـــة :**

**١ – الكثافة :** لحساب كثافة مادة ما لابد من معرفة كتلة تلك المادة أو الجسم وحجمها ثم العلاقة التي اشتقت منها الكثافة ووحدة قياسها .

الكثافة $= \frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$ ، ووحدات الكثافة هي $\frac{\text{وحدة قياس الكتلة}}{\text{وحدة قياس الحجم}} =$ كجم / م$^{٣}$ .



el-online.net

٢ – **المساحة**: تحدد مساحة جسم بحاصل ضرب بعدين مثل مساحة الشكل الرباعي ووحدة قياس المساحة تشتق من وحدات قياس البعدين.

المساحة = الطو ل × العرض

ووحدة قياس المساحة = وحدة قياس الطول × وحدة قياس العرض

= متر × متر = متر$^{٢}$.

٣ – **السرعة** = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ ، ووحدة قياس السرعة = $\frac{\text{وحدة المسافة}}{\text{وحدة الزمن}} = \frac{\text{م}}{\text{ث}}$.

٤ – **العجلة** = $\frac{\text{السرعة}}{\text{الزمن}}$ ، ووحدة قياس العجلة = $\frac{\text{وحدة السرعة}}{\text{وحدة الزمن}} = \frac{\text{م}}{\text{ث}} \times \frac{١}{\text{ث}} = \frac{\text{م}}{\text{ث}^{٢}}$

٥ – **القوة** = الكتلة × العجلة ، ووحدات القوة = كجم × م/ث$^{٢}$

٦ – **الشغل** = القوة × المسافة، ووحدات الشغل = نيوتن . متر. = جول

بالاضافة إلى المتر، فإن الأطوال تقاس بوحدات أقل من المتر مثل الميكرو متر والمللي متر وغيرها، كما تقاس بوحدات أكبر مثل : الكيلو متر.

ويعتمد النظام الدولي للقياس على النظام العشري في الأجزاء والمضاعفات مما يسهل التعامل معه، كما في الجدول ( ٤ )، الذي يوضح علاقة المتر ببقية الوحدات المستخدمة في القياس.

جدول ( ٤ ) المضاعفات العشرية للمتر

| أجـــزاء المتـــر | | مضاعفـــات المتـــر | |
|---|---|---|---|
| التسميـــة | المقـــدار | التسميـــة | المقـــدار |
| ديسي متر | $\frac{١}{١٠} = ٠,١ = ١٠^{-١}$ | ديكا متر | $١٠ = ١٠^{١}$ |
| سنتي متر | $\frac{١}{١٠٠} = ٠,٠١ = ١٠^{-٢}$ | هيكتو متر | $١٠٠ = ١٠^{٢}$ |
| مللي متر | $\frac{١}{١٠٠٠} = ٠,٠٠١ = ١٠^{-٣}$ | كيلو متر | $١٠٠٠ = ١٠^{٣}$ |
| ميكرو متر | $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠} = ١٠^{-٦}$ | ميجا متر | $١٠٠٠٠٠٠ = ١٠^{٦}$ |
| نانو متر | $\frac{١}{١٠٠٠٠٠٠٠٠٠} = ١٠^{-٩}$ | جيجا متر | $١٠٠٠٠٠٠٠٠٠ = ١٠^{٩}$ |



el-online.net

● **التأكد من صحة القوانين باستخدام أبعاد الكميات الفيزيائية المشتقة من الوحدات الأساسية :**

■ **مثـال :** يستخدم راكب دراجة العلاقات الآتية لمعرفة المسافة التي يقطعها على خط مستقيم بدلالة الزمن :

١ – العلاقة الأولى : $ف = ع_{.} ز + \frac{١}{٢} جـ ز^{٢}$ .

٢ – العلاقة الثانية : $ف = ع_{.} ز + \frac{١}{٢} جـ ز$ .

حيث **ف** هي المسافة المقطوعة في زمن قدره **ز** ، أما $ع_{.}$ فهي السرعة التي بدأ بها الحركة ، و **جـ** مقدار العجلة المنتظمة التي يتحرك بها، تأكد من صحة هذه العلاقات بواسطة معادلة الأبعاد .

● **الحـل :**

١ – العلاقة الأولى : نكتب معادلة الأبعاد للعلاقة السابقة مهملين الثابت $\frac{١}{٢}$ لعدم وجود أبعاد له :

$$[ل] = \frac{[ل]}{[ز]} [ز] + \frac{[ل]}{[ز^{٢}]} [ز^{٢}]$$

حيث $\frac{[ل]}{[ز]}$ بعد السرعة المساوي لمسافة مقسومة على زمن، $\frac{[ل]}{[ز^{٢}]}$ بعد العجلة المساوي لبعد مسافة مقسوم على مربع بعد الزمن، ومن ثم تكون :

$$[ل] = [ل] + [ل]$$ ( مجموع أبعاد مسافة هو بعد مسافة )

ونلاحظ أن أبعاد الطرف الأيمن تتفق مع أبعاد الطرف الأيسر، ولذلك هذه العلاقة صحيحة .

٢ – العلاقة الثانية : نكتب معادلة الأبعاد لها :

$$[ل] = \frac{[ل]}{[ز]} [ز] + \frac{[ل]}{[ز^{٢}]} [ز]$$

$$\text{فيكون } [ل] = [ل] + \frac{[ل]}{[ز]}$$

ونلاحظ أن أبعاد الطرف الأيمن لا تساوي أبعاد الطرف الأيسر .

∴ هذه العلاقة غير صحيحة .

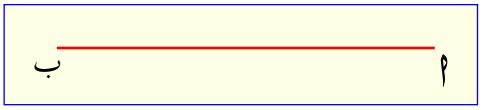


el-online.net

# الكميات القياسية والكميات المتجهة
## Scalar and Vector Quantities

إذا أردت شراء ٣ كيلو موز فإنك ستطلب من البائع مقداراً من الموز كتلته ٣ كجم، ولكن هل يكفي ذلك أم أنه يجب تحديد اتجاه هذه الكمية من الموز ؟ فتقول ٣ كيلو موز للشرق أو للغرب، أو شمالاً أو جنوباً وهكذا . .

الخط المستقيم أب الموضح في الشكل ( ٨ ) طوله ٥ سم، قسه بالمسطرة من النقطة (أ) إلى النقطة ( ب )، ثم



شكل ( ٨ )

قسه من ( ب ) إلى (أ)، وإذا رسمته في دفترك مبتدئاً من (أ) أو من ( ب ) هل سيتغير طوله في كل مرة ؟ أم سيبقى كما هو ٥ سم ؟

انظر إلى ساعة يدك واقرأ الزمن المحدد بها، هل يكفي أن تحدد الزمن فقط أم أنه ينبغي عليك تحديد اتجاه ذلك الزمن بحيث تقول مثلاً الساعة التاسعة والنصف شرقاً؟ . . وضح ذلك .

مما سبق يتضح لك أن : هناك كميات فيزيائية يكفي لوصفها وتحديدها أن تعرف مقدارها فقط مثل : المسافة، والكتلة، والزمن، ودرجة الحرارة، والحجم، والشحنة، وغيرها، وتُعرّف هذه الكميات بالكميات العددية أو القياسية ( Scalar Quantities ) .

اذكر كميات قياسية أخرى مما سبق لك دراسته .

اطلب من زميلك أن يحرك كرسيه مسافة متر من موقعه، هل سيتقبل ذلك أم أنه سوف يسألك عن الاتجاه الذي تريد منه أن يحرك كرسيه نحوه؟

عندما تقول أنك قطعت بدراجتك مسافة ( ٣٦٠ ) متر بإتجاه الجنوب نحو مدرستك، ما الفرق بين هذه المسافة والمسافة التي يمثلها طول المستقيم أ ب في الشكل ( ٨ ) السابق ؟ . .

لقد علمت مما سبق أن المسافة هي طول، ولها مقدار محدد، وتسمى كمية عددية، ولكن إذا تحدد اتجاه سير الجسم الذي قطع تلك المسافة عندما غير موقعه فإن ذلك يسمى إزاحة، وتعرف الإزاحة بأنها : التغير في موقع الجسم أوالمسافة الفعالة التي تحركها الجسم باتجاه الموقع الجديد، كما تبين لك من المثالين السابقين.



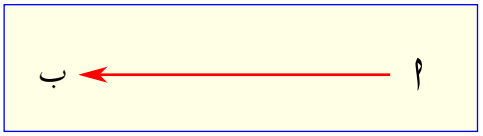
el-online.net

إذن توجد كميات فيزيائية أخرى لا يمكن تحديدها تحديداً كاملاً إلا إذا عرف اتجاهها بالإضافة إلى مقدارها، وتسمى هذه الكميات بالكميات المتجهة ( Vector Quantities ) مثل : الإزاحة ، والسرعة المتجهة، والقوة، والعجلة، وكمية التحرك .

## المتجهـــات :

### ● تمثيـل الكميات المتجهـة :

تمثل الكمية المتجهة ( $\overleftarrow{أ ب}$ ) بسهم مبدأه ( أ ) ومنتهاه ( ب ) ويمثل طوله مقدار الكمية المتجهة، واتجاهه يدل على اتجاهها وذلك باستخدام مقياس رسم مناسب، كما في الشكل ( ٩ أ )، وقد اتفق على تسمية هذا السهم اسم "المتجه Vector" ويحدد المتجه بأربعة عناصر هي كما في الشكل ( ٩ ب ) :



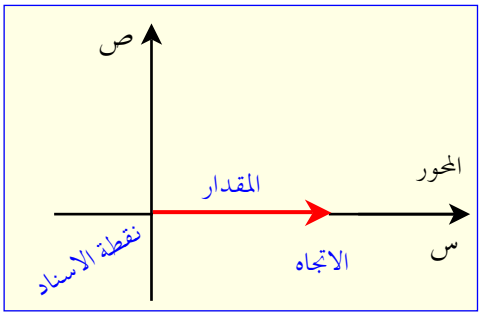
شكل ( ٩ أ )

١- نقطة الاسناد ( التـأثيـر ) أو نقطة البدايه .

٢- المقدار حيث يدل طول المتجه على مقداره .

٣- الاتجـاه يمثل بسـهم يرسم عند رأس المتجه .

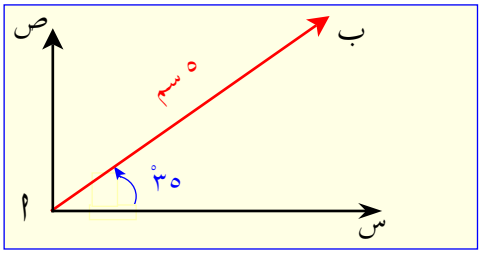
٤- المحور وهو الخط المستقيم الوهمي الذي يرسم عليه المتجه .



شكل ( ٩ ب ) : عناصر المتجه

وتكتب الكمية المتجهة جبرياً على صورة حرف يعلوه سهم مثل ( $\overleftarrow{أ}$ )، ( $\overleftarrow{ب}$ ) .

في الشكل ( ١٠ )، يبين هذا الشكل كمية متجهة مقدارها ٥ سم وتصنع اتجاهاً بزاوية مقدراها ( ٣٥° ) مع المحور السيني، ونقطة تأثيرها النقطة ( أ ) وهي نقطة الأصل .



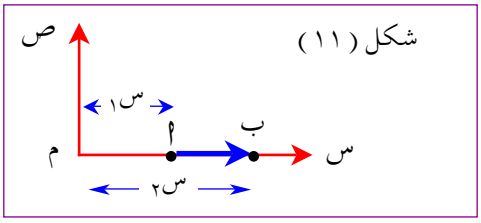
شكل ( ١٠ )



el-online.net

● **تحديد طول المتجه :**

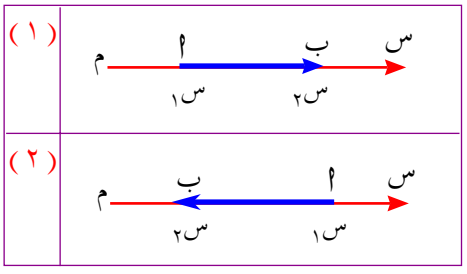
إذا كان المتجه منطبقاً على أحد محوري الاحداثيات ( السيني مثلاً )، فيمكن تحديد طوله بالاعتماد على موقعي بدايته ونهايته، ففي الشكل ( ١١ ) طول المتجة ($\overleftarrow{أ ب}$) = $\overleftarrow{م ب}$ – $\overleftarrow{م أ}$ ، وحيث أن ($\overleftarrow{م ب}$) يمثل إحداثي الرأس = س٢ و($\overleftarrow{م أ}$) يمثل إحداثي الذيل س١ فإن : طول المتجه ($\overleftarrow{أ ب}$) = إحداثي الرأس – إحداثي الذيل = ح = س٢ – س١




● **تحديد اتجاه المتجه :**

**أولاً : إذا كان المتجه منطبقاً على أحد محوري الإحداثيات (السيني مثلاً)** من الشكل ( ١٢ )

١– يكون اتجاهه باتجاه المحور، ويكون : ($\overleftarrow{أ ب}$) موجباً لأن ( س٢ > س١ ) كما في ( ١ ) .




شكل ( ١٢ )

٢– يكون بعكس اتجاه المحور ويكون طول المتجه ($\overleftarrow{أ ب}$) سالباً لأن ( س٢ < س١ ) كما في ( ٢ ) .

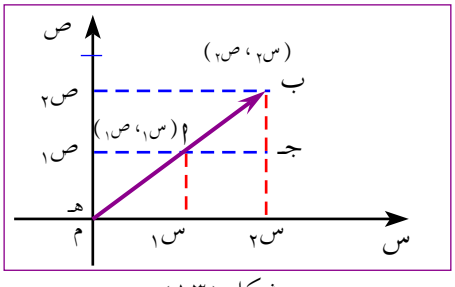
■ **مثال :** حدد طول واتجاه متجه ينطبق على محور الاحداثيات السيني، علماً بأن إحداثي ذيل المتجه س١ = ١٤سم، وإحداثي الرأس س٢ = ٦سم

● **الحل :** طول المتجهة ($\overleftarrow{أ ب}$) = س٢ – س١ = ٦ – ١٤ = – ٨سم

المتجه يكون بعكس اتجاه المحور لأن طوله سالب .

**ثانياً : إذا كان المتجه في مستوى المحورين الاحداثيين :**

ولكنه لاينطبق على أي منهما، فإن اتجاهه يتحدد بزاوية محصورة بينه وبين الاتجاه الموجب للمحور السيني، كما يتضح من الشكل ( ١٣ )، ويحدد اتجاهه بمقدار ظل الزاوية التي يصنعها المتجه مع الاتجاه الموجب للمحور السيني .




شكل ( ١٣ )

$$\text{ظا هـ} = \frac{\text{ب جـ}}{\text{أ جـ}} = \frac{\text{ص٢} - \text{ص١}}{\text{س٢} - \text{س١}}$$

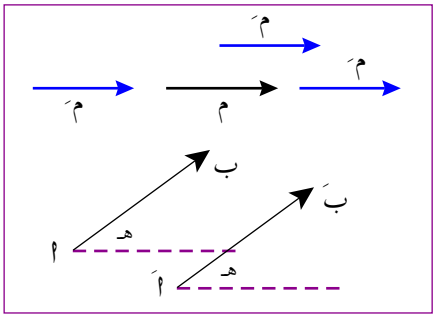


el-online.net

## ● نقــل المتجهــات :

انظر الشكل ( ١٤ ) .

- ما الذي يحدث إذا نقل المتجه $\overleftarrow{م}$ إلى مواقع مختلفة؟ أو نقل المتجه $\overleftarrow{أ ب}$ إلى موقع آخر؟
- يمكن نقل المتجه من مكان لآخر بشرط المحافظة على مقداره واتجاهه، وهذه من الخواص الهندسية للمتجه .




شكل ( ١٤ ) يمكن نقل المتجه مع الاحتفاظ بطوله واتجاهه

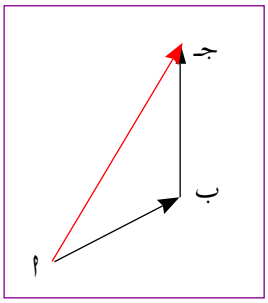
## ● جمــع المتجهــات :

عرفت سابقاً الفرق بين الكميات العددية والكميات المتجهة، كما سبق لك ودرست في مادة الرياضيات المعادلات الجبرية، وطريقة الجمع العددي، وفيما يلي سوف نتناول جمع المتجهات، والمعادلات المتجهة، وللتعرف على قاعدة جمع المتجهات سوف نأخذ الإزاحة كأبسط مثال على ذلك ( تذكر الفرق بين المسافة والإزاحة ) .

بملاحظة الشكل ( ١٥ ) :

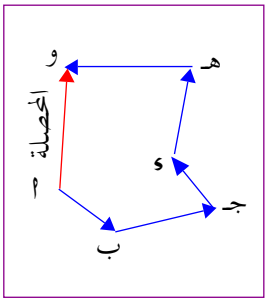
عندما يتحرك جسم بازاحتين متتاليتين ممثلتان بالمتجهين ( $\overleftarrow{أ ب}$ )، ( $\overleftarrow{ب جـ}$ )، يسمى المتجه ( $\overleftarrow{أ جـ}$ ) الذي يمثل حاصل جمع المتجهين ( $\overleftarrow{أ ب}$ ) ، ( $\overleftarrow{ب جـ}$ ) بالإزاحة الكلية أو المحصلة .

$$\overleftarrow{أ جـ} = \overleftarrow{أ ب} + \overleftarrow{ب جـ}$$




شكل ( ١٥ )

وبصورة عامة يمكن القول أنه عندما نجمع الإزاحات المتتالية التي يقوم بها الجسم المتحرك فإننا نرسم المتجهات التي تمثل هذه الإزاحات بنفس الترتيب الذي تمت به، وبحيث يبدأ المتجه التالي من حيث انتهى المتجه السابق، أي بحيث تتصل المتجهات رأساً بذيل فتكون كما في الشكل ( ١٦ )، الإزاحة الكلية ( المحصلة ) ممثلة بالمتجه ( $\overleftarrow{أ و}$ ) الذي يبدأ من ذيل المتجه الأول ( $\overleftarrow{أ ب}$ ) وينتهي عند رأس المتجه الأخير ( $\overleftarrow{هـ و}$ ) .




شكل ( ١٦ )

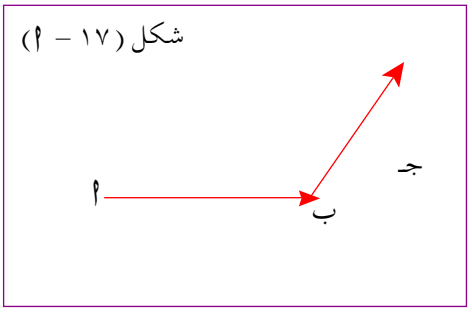


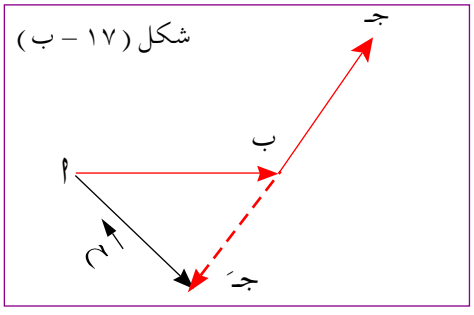
el-online.net

## ● طـرح المتجهـات :

أن عملية الطرح هي حالة خاصة من عملية الجمع . فإذا كان لدينا المتجهان $\overleftarrow{أ ب}$ ، $\overleftarrow{ب جـ}$ كما بالشكل ( ١٧ – أ ) ولحساب محصلة طرح المتجهين $\overleftarrow{أ ب} - \overleftarrow{ب جـ}$ يرسم المتجه $\overleftarrow{أ ب}$ كما هو، ثم يرسم من نهايته المتجه ( $- \overleftarrow{ب جـ}$ ) في عكس اتجاه المتجه ( $\overleftarrow{ب جـ}$ ) ويساويه في الطول، كما بالشكل ( ١٧–ب ) فتكون المحصلة $\overleftarrow{ح} = \overleftarrow{أ جـ'}$

إذن : $\overleftarrow{أ ب} - \overleftarrow{ب جـ} = \overleftarrow{أ جـ'}$




■ **مثال :** متجه $\overleftarrow{س}$ مقداره ( ٨ ) متر في اتجاه الشرق، ومتجه $\overleftarrow{ص}$ مقداره ( ٦ ) متر في اتجاه الشمال أحسب محصلة :

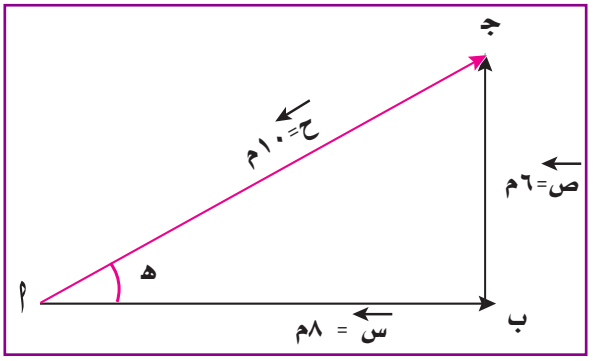
١ ) $\overleftarrow{س} + \overleftarrow{ص}$

٢ ) $\overleftarrow{س} - \overleftarrow{ص}$

**الحل :**

١ ) نرسم المتجهين كما في الشكل، والمحصلة

$\overleftarrow{ح} = \overleftarrow{س} + \overleftarrow{ص} = \overleftarrow{أب} + \overleftarrow{ب جـ} = \overleftarrow{أ جـ}$




شكل ( ١٨ )

$ح = \sqrt{(س)^{٢} + (ص)^{٢}}$

$ح = \sqrt{(٨)^{٢} + (٦)^{٢}}$

$\therefore ح = ١٠$ م

ظا هـ $= \frac{ص}{س}$

ظا هـ $= \frac{٦}{٨} = ٠٫٧٥$

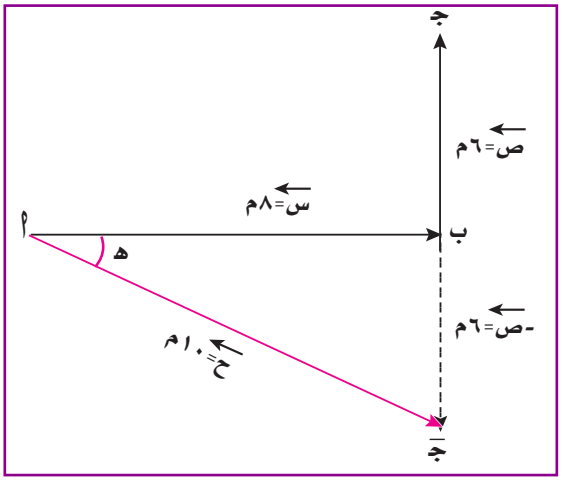
$\therefore$ هـ $= ٣٧^{\circ}$



el-online.net

٢ ) نرسم المتجهين س ، ص كما في الشكل( ١٩ ) ثم نرسم المتجه ( –ص ) يساوي مقدار المتجه ص ويعاكسه في الاتجاه فتكون المحصلة :

$\overleftarrow{ح} = \overleftarrow{س} - \overleftarrow{ص} = \overleftarrow{أ ب} + (-\overleftarrow{ب جـ}) = \overleftarrow{أ جـ}$




شكل ( ١٩ )

$ح = \sqrt{س^{٢} + (-ص)^{٢}}$

$ح = \sqrt{(٨)^{٢} + (-٦)^{٢}}$

$\therefore ح = ١٠ م$

$ظا هـ = \frac{ص}{س}$

$ظا هـ = \frac{-٦}{٨} = -٠٫٧٥$

$\therefore هـ = -٣٧^{\circ}$

## تحليـل المتجهـات :

إن عملية تحليل متجه تعني إيجاد مركبتين متعامدتين لهما نفس تأثير المتجه المراد تحليله ولنأخذ مثالاً على ذلك القوة ككمية متجهة .

### ● تحليل القـوة :

لتحليل القوة ( المتجه ) إلى مركبتيها على المحورين ( س،ص ) نجعل مبدأها منطبقاً على نقطة الأصل ( م ) في نظام الاحداثيات المتعامدة ( س،ص ) فالقطعة المستقيمة ( م أ ) تمثل مقدار القوة ( ق ) واتجاهها يتعين بالزاوية ( هـ )، كما في الشكل ( ٢٠ ) :

$ق_{س}$ ، $ق_{ص}$ ترمزان إلى مركبتي القوة ( $\overleftarrow{ق}$ ) على المحورين س،ص على الترتيب،



el-online.net

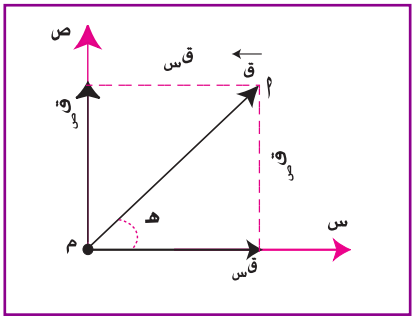
ومن دراستك للرياضيات أوجد جتاهـ ، جاهـ بدلالة ( ق، ق$_س$ ، ق$_ص$ ) .

جتا هـ = $\frac{ق_س}{ق}$

إذن : ق$_س$ = ق جتاهـ ..... ( ١ )

جاهـ = $\frac{ق_ص}{ق}$

ق$_ص$ = ق جا هـ ..... ( ٢ )



شكل ( ٢٠ )

فإذا علمنا مقدار القوة ( ق ) واتجاهها ( وهو الزاوية التي تصنعها مع الاتجاه الموجب للمحور س ) فإنه يمكن إيجاد مركبتيها على المحورين ( س،ص ) .

والعكس إذا استطعنا معرفة مركبتي قوة ( ق$_س$ ، ق$_ص$ ) على المحورين ( س،ص ) فإنه يمكن إيجاد مقدار القوة واتجاهها ، وذلك من العلاقتين :

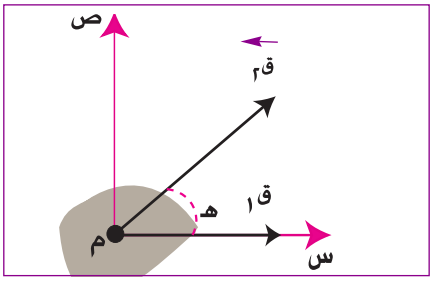
ق = $\sqrt{ق_س^{٢} + ق_ص^{٢}}$ المقدار ..... ( ٣ )

ظا هـ = $\frac{ق_ص}{ق_س}$ $\Leftarrow$ هـ = ظا$^{-١}$ ( $\frac{ق_ص}{ق_س}$ ) الاتجاه ..... ( ٤ )

## ● جمع وطرح القوى :

هناك طريقتان لجمع أو طرح القوى بطريقة جمع المتجهات وطرحها وهما الطريقة البيانية، والطريقة التحليلية :

**١ - الطريقة البيانية** : نفرض أن لدينا القوتين ( $\overleftarrow{ق_١}$ ، $\overleftarrow{ق_٢}$ ) تؤثران في جسم صلب عند النقطة م، كما في الشكل ( ٢١ )، اتجاه ( $\overleftarrow{ق_١}$ ) في اتجاه المحور السيني، واتجاه ( $\overleftarrow{ق_٢}$ ) يصنع زاوية مع المحور ( س )، لإيجاد محصلتهما نرسم من نقطة اختيارية في الفراغ ولتكن (أ) القوة ق$_١$ قيمتها ممثلة بالطول أ ب وذلك بأخذ مقياس رسم مناسب بحيث ينطبق



شكل ( ٢١ )



el-online.net

مبدأها على النقطة (أ) ومن نهايتها نرسم القوة ($ق_٢$) بحيث ينطبق مبدأها (ب) على نهاية القوة ($ق_١$) وتكون محصلة هاتين القوتين هي القوة (ق) والممثلة بالضلع أ جـ في المثلث أ ب جـ ، ومقدارها يساوي طول الضلع أ جـ، واتجاهها هو الزاوية التي يصنعها أ جـ مع الاتجاه الأفقي (الاتجاه الموجب للمحور س)، كما في الشكل (٢٢)، وهناك طريقة أخرى لإيجاد المحصلة بالرسم وذلك بعد رسم كل من $ق_١$، $ق_٢$ نكمل متوازي الأضلاع بخط منقط كما في الشكل (٢٣) ويكون قطره هو المحصلة وتكتب :

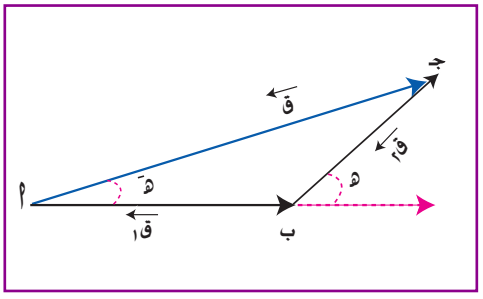
$$\overleftarrow{ق} = \overleftarrow{ق_١} + \overleftarrow{ق_٢}$$

وفي حالة طرح القوتين $ق_١$، $ق_٢$ كما في الشكل (٢٤) فإنه يتم التحويل إلى عملية جمع، وذلك بجمع $ق_١$ مع سالب $\overleftarrow{ق_٢}$ ($-\overleftarrow{ق_٢}$)،

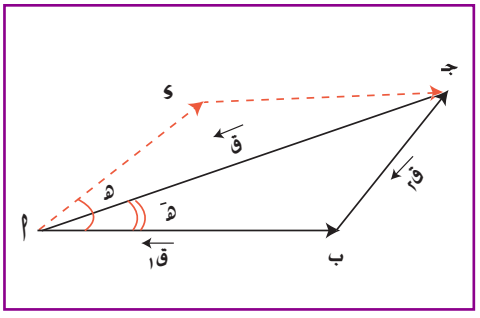
إذن $\overleftarrow{ق} = \overleftarrow{ق_١} + (-\overleftarrow{ق_٢})$

$$\overleftarrow{ق} = \overleftarrow{ق_١} - \overleftarrow{ق_٢}$$

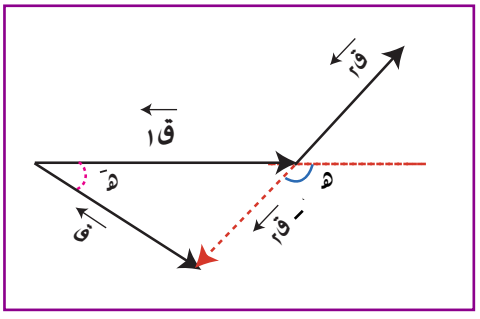
● **حالة خاصة** : إذا كانت القوى متوازية فيصبح جمعها كجمع الأعداد الجبرية، كما في شكل (٢٥).



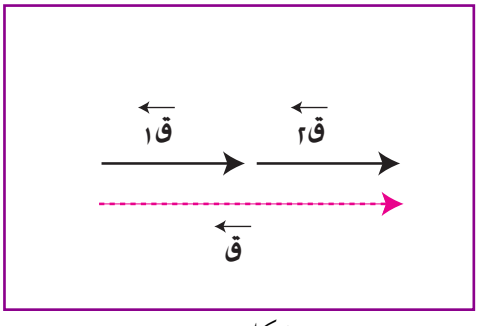

شكل (٢٢)




شكل (٢٣)




شكل (٢٤)




شكل (٢٥)

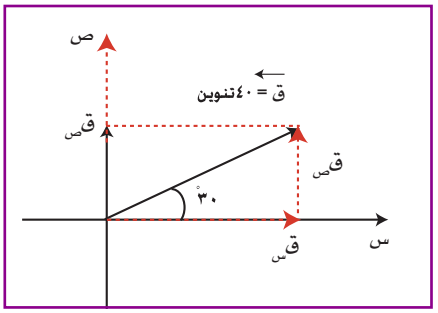


el-online.net

٢ – **الطريقـــة التحليليـــة** : تقوم هذه الطريقة على تحليل القوى إلى مركباتها على محوري ( س،ص )، ثم جمع هذه المركبات جمعاً جبرياً على كل محور، ثم تطبيق العلاقة : ق = $\sqrt{\text{ق}_{\text{س}}^{٢} + \text{ق}_{\text{ص}}^{٢}}$

ظاهـ = $\frac{\text{ق}_{\text{ص}}}{\text{ق}_{\text{س}}}$

■ **مثال ١** : من الشكل المقابل احسب المركبتين السينية والصادية لقوة مقدارها ( ٤٠ ) نيوتن وتميل بزاوية مقدارها ( ٣٠° ) مع المحور السيني، علماً بأن $\sqrt{٣}$ = ١,٧




شكل ( ٢٦ )

● **الحـل** :

ق س = ق جتا ٣٠°

ق س = ٤٠ × $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$

= ٢٠ × ١,٧ = ٣٤,٠ نيوتن

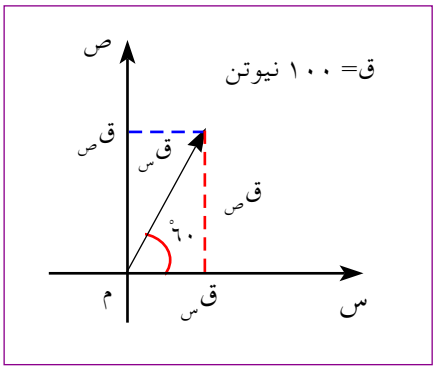
= ق ص = ق جا ٣٠°

= ٤٠ × $\frac{١}{٢}$ = ٢٠ نيوتن

■ **مثال ٢** : قوة مقدارها ( ١٠٠ ) نيوتن تؤثر على جسم مادي باتجاه يصنع زاوية مقدارها ( ٦٠° ) مع الأفق.

● **الحـل** :

استخدم مقياس رسم مناسب، مثِّل القوة ( ١٠٠ ) نيوتن بمتجه يعمل زاوية ( ٦٠° ) مع المحور السيني، كما في الشكل ( ٢٧ ).




شكل ( ٢٧ )

ق س = ق جتا ٦٠°

= $\frac{١}{٢}$ × ١٠٠

ق س = ٥٠ نيوتن

ق ص = ق جا ٦٠°

= $\frac{\sqrt{٣}}{٢}$ × ١٠٠

ق ص = ٨٥ نيوتن



el-online.net

# تقويم الوحدة

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الاجابة عن الأسئلة الآتية :**

**س١ : ضع إشارة ( ✓ ) أو ( ✗ ) أمام العبارة المناسبة مما يلي :**

أ – يهتم علم الفيزياء بدراسة المادة والطاقة وتحولاتها . ( )

ب – يعتمد المنهج التجريبي على الجانب النظري فقط لدراسة الظاهرة الطبيعية . ( )

جـ – الخوارزمي من علماء المسلمين الذين اهتموا بدراسة قوانين الضوء . ( )

د – تمثل الكمية الفيزيائية المتجهة بسهم ذيله يمثل قيمة المتجه ورأسه يمثل اتجاهه . ( )

**س٢ : صنِّف الكميات الفيزيائية التالية إلى قياسية ومتجهة :**

( المسافة – الإزاحة – الوزن – القوة – الشغل – الكثافة– السرعة – الكتلة – الحجم – المساحة – الزمن – درجة الحرارة – الطاقة ) .

**س٣ : أكمل العبارات التالية بما يناسبها :**

أ – يمكن نقل المتجه من مكان إلى مكان آخر بشرط المحافظة على ..... و .....

ب – الكثافة كمية مشتقة من كميتين أساسيتين هما ..... و.....

جـ – وحدة قياس القوة في النظام الدولي تسمى .....

د – المتر المربع هو وحدة قياس .....، بينما المتر المكعب هو وحدة قياس .....

هـ – يحدد المتجه بـ ..... عناصر هي : ..... و..... و.....

**س٤ :** أ – اذكر أسماء ثلاثة من علماء المسلمين الذين اسهموا في مجال تطور العلوم مع توضيح أهم انجازاتهم ودورهم في هذا المجال .



el-online.net

ب – اكتب بحثاً توضح فيه دور علم الفيزياء في مجال التقدم العلمي والتكنولوجي في عصرنا الحاضر مع تحديد مجالاً معيناً لبحثك.

جـ – اذكر وحدة لقياس الأطوال، ووحدة لقياس المساحات، ووحدة لقياس الكتلة، كانت تستخدم قديماً في بيئتك، ثم اذكر ما يقابلها في النظام الدولي ( م.كجم.ث ).

**س٥** : أ – إذا علمت أن القوة = الكتلة X العجلة، فما هي وحدة قياس القوة؟

ب – ماهي وحدة قياس الكثافة ، إذا علمت أن الكثافة = $\frac{\text{الكتلة}}{\text{الحجم}}$

جـ – احسب المركبتين السينية والصادية لقوة مقدارها ( ٢٠ ) نيوتن وتميل بزاوية مقدارها ( ٣٠° ) مع المحور السيني موضحاً إجابتك بالرسم.



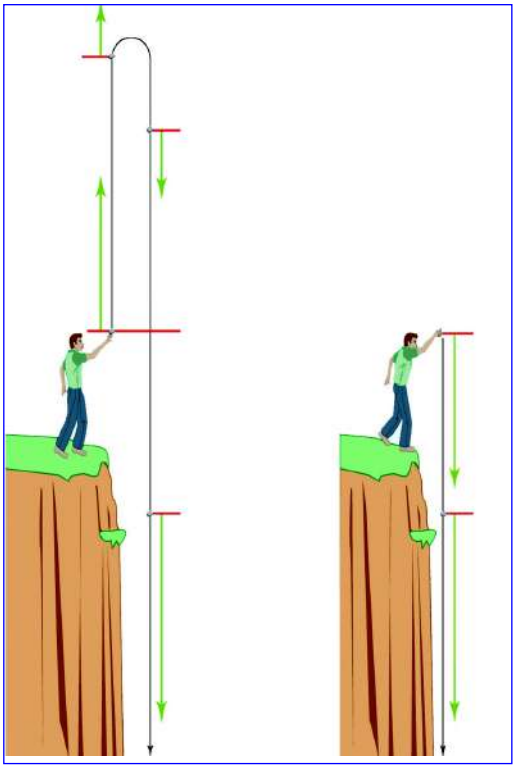
el-online.net

# الوحدة الثانية

# الحـركـــة على خـــط مستقيـم

# Rectilinear Motion

## أهداف الـوحـدة :



**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحـدة أن تكون قـادراً على أن :**

١ – تُعـرّف كـلاً من الإزاحة والسـرعـة المتوسطة والعجلة المنتظمة ومفهوم القوة، ومعامل الاحتكاك، وعجلة السقوط الحر، والقصور الذاتي .

٢ – تميِّز بين الإزاحة والمسافة وكذلك بين السـرعـة المتـوسطة والسـرعـة اللحظية .

٣ – تستخدم الرسم البياني في تمثيل العلاقة بين الموضع والزمن وكذلك بين السرعة والزمن .

٤ – تستنتج معادلات الحركة على خط مستقيم .

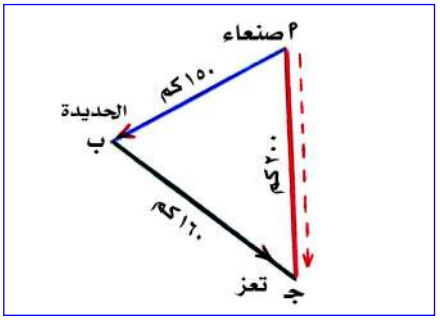
٥ – تستخدم معادلات الحركة وقوانين نيوتن للحركة في حل مختلف مسائل هذه الوحدة .



el-online.net

## الإزاحـــة
## Displacement

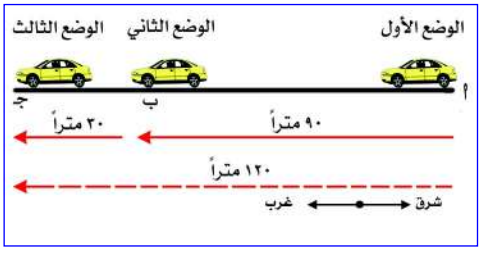
إذا تحـركت طائرة في رحلة تبـدأ من صنعـاء إلى الحـديـدة قاطعـة ١٥٠كم، ومن ثم واصلت الرحلة إلى تعز قاطعة ١٦٠كم ومـثلنا حـركـة هذه الطائرة برسم تخطيطي ورمزنا فيه لمواضع المدن صنعاء – الحديدة – تعز بالحروف أ ، ب ، جـ على الترتيب، كـمـا هو مبين بشكل ( ١ ) فإن بعد الطائرة في نهـاية الرحلة عن صنعـاء يسـمى بالإزاحـة المحصلة للطائرة عن مـوضع الإنطلاق وتسـاوي ٢٠٠كم من أ إلى ب. ونعبـر عنهـا بالمتجـه $\overleftarrow{أجـ}$ وهو محـصلة الازاحـتين ( مجموع الازاحتين ) $\overleftarrow{أب}$ ، $\overleftarrow{بجـ}$ وتكتب $\overleftarrow{أب} + \overleftarrow{بجـ} = \overleftarrow{أجـ}$.



شكل ( ١ )

وواضح أن مقـدار المحصله أ جـ لاتساوي المجموع العـددي لـ $\overleftarrow{أب}$ ، $\overleftarrow{بجـ}$ . لأن الازاحـة كـمية متجـهـة لهـا مقـدار واتجاه، ولهـذا تجـمع جـمعـاً إتجاهياً. أمـا المسـافـة الكلية المقطوعة فإنها تساوي مجموع المسافتين أ ب ، ب جـ وتساوي ١٥٠ + ١٦٠=٣١٠كم

في حـالة انطلاق سيـارة في خـط مسـتقـيم غـرباً مـن مـوضع (أ) إلى مـوضع ( ب ) قاطعـة مسافـة مقدارها ٩٠ متراً، ثم التحـرك من الموضع ( ب ) إلى الموضع ( جـ) مسافة مـقـدارها ٣٠ مـتـراً في نفس الاتجـاه، كـمـا هـو مبين في الشكل ( ٢ )، فـإن مـحـصلة الإزاحـتين $\overleftarrow{أب}$، $\overleftarrow{بجـ}$ تكون : $\overleftarrow{أب} + \overleftarrow{بجـ} = \overleftarrow{أجـ}$ وتساوي عدديـاً ٩٠ +٣٠ = ١٢٠ متراً غرباً وواضح إن اتجـاه المحصلـة هو الاتجاه المشترك للازاحتين من (أ) إلى ( جـ).



شكل ( ٢ )

أمـا المسافـة الكلية المقطوعة فتسـاوي مجموع المسافتين وهي ٩٠ + ٣٠ = ١٢٠ متـراً، وهي نـفس القـمـيـة العـدديـة لمحصلة الازاحـتين : إذاً إذا كـانت الإزاحـات عـلى خط مستقيم وفي إتجاه واحد .

أما إذا تحركت السيارة عـائدة في الاتجاه المضاد إلى الموضع ( جـ) أي في اتجاه الشرق كما هو موضح في الشكل ( ٣ )، فإن محصلة الإزاحتين تكون :

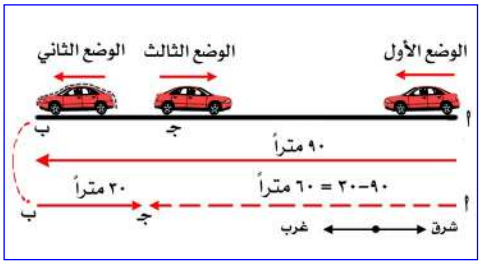


el-online.net

$\overleftarrow{أب} + (-\overleftarrow{بجـ})$

$\overleftarrow{أب} - \overleftarrow{بجـ} = \overleftarrow{أجـ}$ ،

وقيمتها العددية هي الفرق بين المسافتين أي : ٩٠ – ٣٠ = ٦٠ متراً غرباً وفي اتجاه الإزاحة الكبرى.




شكل (٣)

أما المسافة الكلية المقطوعة فهي نفسها كما في الحالة السابقة وتساوي مجموع المسافتين أي: ٩٠ + ٣٠ = ١٢٠ متر.

هذا يدل على أن المسافة الكلية هي كمية قياسية لا تتغير قيمتها بتغير اتجاه إحداها وإنما تتغير بتغير قيمة إحداها، أما الازاحة الكلية فهي كمية متجهة تتغير قيمتها بتغير اتجاه أو قيمة إحدى الازاحات.

## السرعة Velocity

تعد السرعة إحدى الركائز الأساسية لدراسة حركة جسيم مادي (نقطة مادية) وتصنف إلى عدة مفاهيم تتضمن: السرعة المنتظمة، السرعة المتوسطة والسرعة اللحظية.

وتعرف السرعة بأنها: **الإزاحة المقطوعة في كل وحدة زمن**، أي:

$$\text{السرعة} = \frac{\text{الإزاحة المقطوعة}}{\text{زمن قطع هذه الإزاحة}} \quad \ldots\ldots (١)$$

فإذا كانت الازاحة بالمتر (م) والزمن بالثانية (ث) فإن وحدة قياس السرعة هي (م/ث).

والسرعة كمية متجهة تتعين بالمقدار والاتجاه، فاذا قيل إن طائرة تحلق بسرعة قيمتها ١٨٥ م/ث فذلك لا يعطي معلومة كاملة عن سرعة الطائرة مالم يذكر اتجاه الطائرة، فإذا رمزنا لمتجه السرعة بالمرمز ($\overleftarrow{ع}$) ومقدار الإزاحة المقطوعة بالرمز $\overleftarrow{ف}$ ، والزمن الذي تم خلاله قطع هذه الإزاحة بالمرمز (ز) فإن العلاقة (١) يمكن كتابتها على النحو:

$$\overleftarrow{ع} = \frac{\overleftarrow{ف}}{ز} \quad \ldots\ldots (٢)$$



el-online.net

## السـرعـة اللحظيـة
## Instantaneous Velocity

إذا نظرنا إلى مؤشر عداد سيارة فإننا نلاحظ عادة بأنه في تغير مستمر، وهذا يعني إن سرعتها تتغير زيادة أو نقصاناً بين لحظة وأخرى، وتسمى سرعة السيارة عند لحظة معينة بالسرعة اللحظية.

## السرعات المنتظمة والمتوسطة
## Average Velocities

إذا قطعت سيارة مسافة ( ٤٠ )كم في زمن مقداره ساعة، فإننا نقول إن السيارة تسير بسرعة ( ٤٠ ) كم/ساعة، وإذا استمرت في قطع ( ٤٠ )كم في كل ساعة لمدة معينة قلنا إن السيارة تسير بسرعة ثابتة أو منتظمة.

وتعرف السرعة المنتظمة بأنها : معدل قطع مسافات متساوية خلال أزمنه متساوية. لكن عادةً تبدأ السيارة حركتها من السكون ثم تزداد تدريجياً حتى تصل إلى قيمه معينه وقد تستمر في السير لفترة معينة بهذه السرعة، وقد تقل عند اقترابها من حاجز ثم تزداد ثانية وهكذا فلو أننا نظرنا إلى مؤشر عداد السيارة فسنلاحظه في تغير مستمر، ففي مثل هذه الحالة من عدم انتظام السرعة، نحسب السرعة المتوسطة التي نرمز لها بالرمز (ع م) .

$$\text{ع م} = \frac{\text{المسافة الكلية المقطوعة}}{\text{الزمن الكلي}} = \frac{\text{ف}}{\text{ز}} \quad \ldots\ldots\ldots (٣)$$

تعد السرعة المتوسطة كمية فيزيائية قياسية .. علل ذلك.

■ **مثال ١** : قطعت سيارة المسافة بين صنعاء والحديدة، والتي تقدر بحوالي ٢٢٤ كم خلال ٤ ساعات، أحسب سرعتها المتوسطة.

● **الحـل** : $\text{ع م} = \frac{\text{المسافة الكلية المقطوعة}}{\text{الزمن الكلي}} = \frac{\text{ف}}{\text{ز}}$

$$\text{ع م} = \frac{٢٢٤ \text{ (كم)}}{٤ \text{ (ساعة)}} = ٥٦ \text{ كم / ساعة.}$$



el-online.net

وهذا لا يعني أن السيارة قد قطعت كل المسافة بسرعة ثابتة مقدارها ٥٦ كم/ساعة، بل في كل فترة زمنية تكون لها سرعة معينة تسمى "**السرعة اللحظية**" يمكن للسائق أن يلاحظها في كل لحظة من مؤشر العداد فقد تزيد أو تنقص عن هذه القيمة ولا يتحتم حتى أن تكون السيارة قد سارت بهذه السرعة في أي وقت أثناء رحلتها من صنعاء إلى الحديدة.

■ **مثال٢ :** سيارة استغرقت رحلتها ٤ ساعات وكانت سرعتها خلال الساعة الأولى ١٠٠ كم/ساعة وخلال الساعتين الثانية والثالثة كانت سرعتها ٨٠ كم / ساعة وفي الساعة الرابعة كانت تسير بسرعة ٤٠ كم / ساعة، أحسب السرعة المتوسطة للسيارة.

● **الحـل :**

– المسافة التي قطعتها السيارة خلال الساعة الأولى ( ف$_{١}$ ) = ع$_{١}$ × ز$_{١}$

ف$_{١}$ = ١٠٠ كم/ ساعة × ١ ساعة = ١٠٠ كم.

– المسافة التي قطعتها خلال الساعتين الثانية والثالثة ( ف$_{٢}$ ) = ع$_{٢}$ × ز$_{٢}$

ف$_{٢}$ = ٨٠ كم/ ساعة × ٢ ساعة = ١٦٠ كم.

– المسافة المقطوعة في الساعة الرابعة ف$_{٣}$ = ٤٠ كم/ساعة × ١ساعة = ٤٠ كم.

– مقدار السرعة المتوسطة ( ع م ) = $\frac{ف_{١} + ف_{٢} + ف_{٣}}{ز_{١} + ز_{٢} + ز_{٣}}$

$= \frac{(١٠٠ + ١٦٠ + ٤٠) كم}{(١ + ٢ + ١) ساعة} = \frac{٣٠٠}{٤} = ٧٥$ كم/ساعة



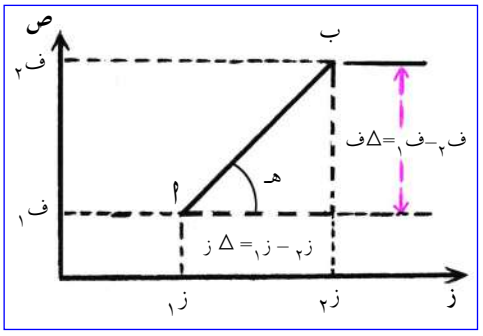
el-online.net

## حساب السرعة المتوسطة من منحنى الازاحة – الزمن :

يمكن تمثيل حركة جسم على خط مستقيم بيانياً كالحركة على المحور الصادي ( ص ) بدلالة الزمن ( ز ) الذي نمثله على المحور السيني كما هو مبين في الشكل ( ٤ )، في التمثيل البياني كان الجسم المتحرك في الموضع ( ف١ ) في اللحظة ( ز١ ) ووصل إلى الموضع ( ف٢ ) في اللحظة ( ز٢ )، فالسرعة المتوسطة خلال الفترة الزمنية الفاصلة بين اللحظتين ( ز١ ) و ( ز٢ ) تساوي :

$$ع = \frac{\Delta ف}{\Delta ز} = \frac{ف_٢ - ف_١}{ز_٢ - ز_١}$$

حيث ( Δف ) هو مقدار التعبير في الازاحة ( Δ ز ) هو الفاصل الزمني الذي حدث فيه هذا التغير في الازاحة .



شكل ( ٤ )

وواضح إن السرعة المتوسطة تساوي ظل الزاوية التي يصنعها الوتر ( أ ب ) مع محور الزمن الذي يسمى ميل الوتر في منحنى الازاحة – الزمن الموضح بالشكل ( ٤ ). ع = طا هـ = $\frac{\Delta ف}{\Delta ز}$

## العجلة المنتظمة
## Constant Acceleration

إذا تغيرت سرعة جسم متحرك زيادة أو نقصاناً قلنا إن حركة الجسم معجلة تصور إن جسماً يتحرك من السكون ويزيد من سرعته بمقدار٢ م/ث في كل ثانية، فبعد ثانية من بدء حركته تكون سرعته تساوى ٢م/ث، وبعد ثانيتين تصبح سرعته ٤م/ث، وبعد ثلاث ثوان تصل سرعته إلى ٦م/ث، وهكذا.. ففي هذه الحالة توصف حركة الجسم بأنها ذات عجلة ثابتة أو منتظمة لأن الزيادة في السرعة كانت تحدث بشكل منتظم وهو ٢م/ث، وقد يكون التغير في السرعة بالنقصان، فلو أرادت مثلاً سيارة متحركة أن تقف فلابد أن تبدأ سرعتها بالنقصان التدريجي أي بالتباطؤ حتى تقف ويسمى التباطؤ بالعجلة السالبة( Deceleration ) ففي تناقص السرعة تكون إشارة العجلة سالبة وفي



el-online.net

تزايدها تكون إشارتها موجبة وهي كمية متجهة نرمز لها بالرمز ( $\overleftarrow{جـ}$ ) .

وبناءً على ذلك يمكن تعريف العجلة بأنها التغير في قيمة السرعة ( $\overleftarrow{\Delta ع}$ ) بالنسبة للزمن ( ز ) ونعبر عنها رياضياً بالعلاقة :

$$\overleftarrow{جـ} = \frac{\overleftarrow{\Delta ع}}{\Delta ز} = \frac{(\overleftarrow{ع} - \overleftarrow{ع_{.}})}{ز} \quad \ldots\ldots (٤)$$

حيث $\overleftarrow{ع_{.}}$ هي سرعة الجسم الابتدائية و $\overleftarrow{ع}$ سرعته النهائية خلال الفترة الزمنية ( ز ) وتعتبر ( م/ث$^{٢}$ ) هي وحدة قياس العجلة .

■ **مثال٣** : تتحرك سيارة في خط مستقيم بعجلة منتظمة وتغيرت سرعتها من ٣٦كم/ساعة إلى ٩٠كم/ساعة خلال فترة زمنية مقدارها ٢٠ثانية، احسب العجلة التي تتحرك بها السيارة مقدرة بوحدة م/ث$^{٢}$، واذكر نوع العجلة .

● **الحـل** :

– السرعة الابتدائية للسيارة : $ع_{.} = \frac{٣٦ (كم)}{ساعة}$

$$= \frac{٣٦ \times ١٠٠٠ (م)}{٦٠ \times ٦٠ (ث)} = ١٠ (م/ث) .$$

– السرعة النهائية للسيارة : $ع = \frac{٩٠ (كم)}{ساعة}$

$$= \frac{٩٠ \times ١٠٠٠ (م)}{٦٠ \times ٦٠ (ث)} = ٢٥ (م/ث) .$$

– العجلة التي تتحرك بها السيارة $جـ = \frac{ع - ع_{.}}{ز}$

$$= \frac{(٢٥ - ١٠) (م/ث)}{٢٠ / (ث)} = ٠٫٧٥ م/ث^{٢} .$$

● العجلة موجبة، فالسيارة كانت تتحرك بسرعه تزايدية .

■ **مثال٤** : يتحرك قطار بسرعة منتظمة مقدارها ١٠٨ كم/ساعة وأراد سائقه أيقافه فتوقف بعد ١٥ ثانية من لحظة ضغط السائق على الفرامل، احسب عجلة القطار أثناء تباطئه حتى توقف، واذكر نوع العجلة .



el-online.net

● **الحـــل** : سرعة القطار الابتدائية ع. = $\frac{١٠٨ \text{ (كم)}}{\text{ساعة}}$

$= \frac{١٠٨ \times ١٠٠٠ \text{ (م)}}{٦٠ \times ٦٠ \text{ (ث)}} = ٣٠$ م/ث .

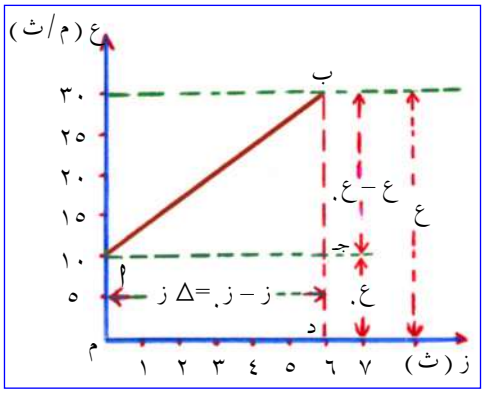
● بما إن القطار قد توقف بعد ١٥ ثانية فإن سرعته النهائية ع = صفراً .

عجلة القطار جـ = $\frac{ع - ع.}{ز} = \frac{(\text{صفر} - ٣٠) \text{ (م)}}{١٥ \text{ (ث)}} = -٢$ م/ث$^{٢}$ .

● العجلة سالبة فالقطار كان يتحرك بسرعة تناقصية ( تباطئية ) .

## التمثيل البياني للحركة بعجلة منتظمة :

عندما يتحرك جسم في خط مستقيم بعجلة منتظمة جـ، فإنه يمكن تمثيل حركته بيانياً بخط مستقيم ( أ ب ) في منحنى السرعة – الزمن كما هو موضح في الشكل ( ٥ )،




شكل ( ٥ )

العجلة المنتظمة = $\frac{\text{التغير في السرعة}}{\text{الزمن}}$

جـ = $\frac{ع - ع.}{ز - ز.} = \frac{\text{ب جـ}}{\text{جـ أ}}$

جـ = ميل المستقيم أ ب

عندما يتحرك جسم في خط مستقيم بعجلة منتظمة فإن سرعته تتغير بمقادير متساوية في فترات زمنية متساوية وبالتالي فإن سرعته المتوسطة ( ع م ) تحسب من العلاقة : ع$_{م}$ = $\frac{(ع. + ع)}{٢}$ ..... ( ٥ )

إذاً المسافة التي قطعها الجسم ( ف ) خلال الفترة الزمنية ( ز ) التي زادت فيها سرعته من ع. إلى ع تساوي :

ف = ع$_{م}$ × ز = $\frac{ع + ع.}{٢}$ × ز

وتساوي مساحة الشكل الرباعي أ ب د م ( شبة المنحرف ) وهي المساحة المحصورة بين الخط البياني ( أ ب ) ومحور الزمن ( ز ) وقيمة هذه المسافة بحسب القيم المعطاه



el-online.net

في الشكل تساوي :

ف = $\frac{ع + ع.}{٢}$ × ز = $\frac{١٠ + ٣٠}{٢}$ × ٦ = ١٢٠ متراً.

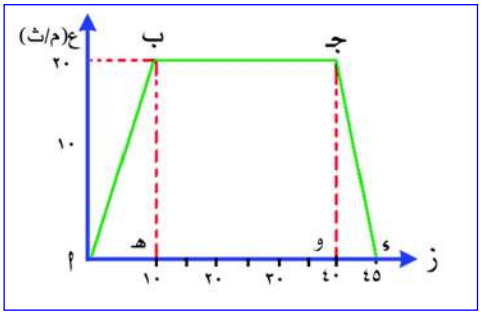
■ **مثال ٥ :** بدأ جسم حركته من السكون في خط مستقيم بعجلة منتظمة لمدة ١٠ ثوان حتى وصلت سرعته إلى ٢٠ م/ث، ثم سار بالسرعة السابقة نفسها لمدة ٣٠ ثانية ، وبعد ذلك تحرك بسرعه أي تباطأ حتى توقف بعد ٥ ثوان.

أ – ارسم حركة الجسم في منحنى السرعة – الزمن ومنه احسب :

ب – العجلة التي تحرك بها في كل فترة.

جـ – تباطئه.

د – المسافة الكلية المقطوعة




شكل ( ٦ )

● **الحل :** أ – الشكل ( ٦ ) يبين حركة الجسم في منحنى السرعة – الزمن.

ب – العجلة جـ = $\frac{ع - ع.}{ز}$

= $\frac{(٢٠ - صفر)\ م/ث}{١٠\ ث}$

= ٢ م/ث٢.

جـ – التباطؤ جـ = $\frac{(صفر - ٢٠)\ م/ث}{٥\ ث}$

= – ٤ م/ث٢.

لاحظ أن الجسم تحرك بسرعة منتظمة خلال ٣٠ ثانية وعجلته خلال هذه الفترة = صفر، لأن سرعته لم تتغير.

د – المسافة الكلية المقطوعة = المساحة تحت المنحنى.

= مساحة المثلث (أ ب هـ) + مساحة المستطيل ( هـ ب جـ و ) + مساحة المثلث ( جـ د و )

= $\frac{١}{٢}$ × ١٠ × ٢٠ + ٣٠ × ٢٠ + $\frac{١}{٢}$ × ٥ × ٢٠

= ١٠٠ + ٦٠٠ + ٥٠ = ٧٥٠ متراً.



el-online.net

## معادلات الحركة على خط مستقيم بعجلة منتظمة (ثابتة)

### Kinematics equations

إذا تحرك جسم في خط مستقيم بسرعة ابتدائية مقدارها ع.(م/ث) وكان يسير بعجلة منتظمة مقدارها جـ(م/ث٢)، فبعد فترة زمنية (ز) تصبح سرعته ع (م/ث).

**أولاً : من تعريف العجلة نجد أن :**

$$\text{جـ} = \frac{\text{ع} - \text{ع}_{.}}{\text{ز}}$$

إذن $\text{ع} = \text{ع}_{.} + \text{جـ ز}$ ..... (٦)

وهي المعادلة الأولى للحركة وتستخدم لإيجاد سرعة الجسم النهائية بعد فترة زمنية معلومة مقدارها (ز) إذا علم كل من (ع.) و (جـ) أو لإيجاد مقدار العجلة (جـ) إذا علم كل من (ع.)، (ع)، (ز).

**ثانياً : في الحركة ذات العجلة المنتظمة فإن متوسط السرعة (عَ) كما عرفت سابقاً تحسب من العلاقة :**

$$\text{عَ} = \frac{(\text{ع}_{.} + \text{ع})}{٢}$$

إذن المسافة المقطوعة (ف) خلال الفترة الزمنية (ز) التي فيها تغير مقدار السرعة من (ع.) إلى (ع) تساوي :

$$\text{ف} = \text{عَ} \times \text{ز} = \frac{(\text{ع}_{.} + \text{ع})}{٢} \times \text{ز} = \frac{١}{٢} \text{ز} (\text{ع}_{.} + \text{ع})$$

وبتعويض قيمة ع من المعادلة (٦) نجد :

$$\text{ف} = \frac{١}{٢} \text{ز} (\text{ع}_{.} + \text{ع}_{.} + \text{جـ ز}) = \frac{١}{٢} \text{ز} (٢\text{ع}_{.} + \text{جـ ز})$$

$\text{ف} = \text{ع}_{.} \text{ز} + \frac{١}{٢} \text{جـ ز}^{٢}$ ..... (٧)

وهي المعادلة الثانية للحركة وتستخدم لحساب المسافة المقطوعة بعد فترة زمنية معينة إذا علم كل من ع. و جـ .

**ثالثاً : بتربيع المعادلة (٦) نجد أن :**

$$\text{ع}^{٢} = (\text{ع}_{.} + \text{جـ ز})^{٢} = \text{ع}_{.}^{٢} + (٢\text{ع}_{.} \text{جـ ز} + \text{جـ}^{٢} \text{ز}^{٢})$$

وبأخذ (٢جـ) عامل مشترك ينتج أن :



el-online.net

$ع^{٢} = ع_{.}^{٢} + ٢ جـ ( ع_{.} ز + \frac{١}{٢} جـ ز^{٢} )$

وبمقارنة هذه المعادلة بالمعادلة ( ٧ ) نرى أن المعادلة داخل القوس تمثل المسافة ( ف ) ومنه نجد :

$ع^{٢} = ع_{.}^{٢} + ٢ جـ ف$ ..... ( ٨ )

وهي المعادلة الثالثة للحركة وتستخدم لحساب المسافة إذا علم كل من ( ع )، ( ع. ) و( جـ ) أو لحساب السرعة النهائية إذا علم كل من ( ع. )، ( جـ )، ( ف ) ولحساب ( جـ) إذا علم كل من ( ع ) و ( ع. ) و ( ف ) .

■ **مثال٦** : تزداد سرعة سيارة بانتظام من ١٨كم/ساعة إلى ١٠٨ كم/ساعة خلال فترة زمنية مقدارها ٥ ثوان أوجد :

أ – مقدار عجلة السيارة.

ب – المسافة المقطوعة خلال هذه الفترة الزمنية.

● **الحـل** :

أ – السرعة الابتدائية : $ع_{.} = ١٨$ كم/ساعة $= \frac{١٨ \times ١٠٠٠ (م)}{٦٠ \times ٦٠ (ث)} = ٥$ م/ث.

السرعة النهائية : ع = ١٠٨كم/ساعة $= \frac{١٠٨ \times ١٠٠٠ (م)}{٦٠ \times ٦٠ (ث)} = ٣٠$ م/ث.

العجلة التي كانت تتحرك بها السيارة.

$جـ = \frac{ع - ع_{.}}{ز} = \frac{٣٠ - ٥}{٥} = ٥$ م/ث$^{٢}$.

ب – المسافة التي قطعتها السيارة خلال ٥ ثوان :

$ف = ع_{.} ز + \frac{١}{٢} جـ ز^{٢} = ٥ \times ٥ + \frac{١}{٢} \times ٥ \times ٢٥$

$= ٢٥ + ٦٢,٥ = ٨٧,٥$ متراً.

يمكن إيجاد المسافة أيضاً بتطبيق العلاقة ( ٨ ) :

$ع^{٢} = ع_{.}^{٢} + ٢ جـ ف$

$ف = \frac{ع^{٢} - ع_{.}^{٢}}{٢ جـ} = \frac{٣٠^{٢} - ٥^{٢}}{٥ \times ٢}$

$= \frac{٩٠٠ - ٢٥}{١٠} = ٨٧,٥$ متراً.



el-online.net

■ **مثال٧** : يسير قطار بسرعة ٩٠ كم/ساعة وأراد سائقه أن يوقفه فأخذ القطار يتباطأ بعجلة مقدارها ٢ متر/ث$^{٢}$ احسب :

أ – الزمن اللازم لتوقيف القطار.

ب – المسافة التي قطعها القطار منذ لحظة ضغط السائق على الفرامل.

● **الحل** : عجلة القطار جـ = –٢م/ث$^{٢}$.

السرعة الابتدائية للقطار : ع. = ٩٠كم/ساعة

$$= \frac{٩٠ \times ١٠٠٠ (\text{متر})}{٦٠ \times ٦٠ (\text{ث})} = ٢٥ \text{ متر/ث}.$$

أ – السرعة النهائية للقطار : ع = صفراً

$$\text{جـ} = \frac{(\text{ع} - \text{ع}.)}{\text{ز}} \quad ، \quad \text{ز} = \frac{(\text{ع} - \text{ع}.)}{\text{جـ}} = \frac{\text{صفر} - ٢٥}{-٢} = ١٢,٥ \text{ ثانية}.$$

ب – من أجل حساب المسافة نطبق العلاقة ( ٨ ) :

ع$^{٢}$ = ع$_{.}^{٢}$ + ٢ جـ ف ومنه نجد أن :

$$\text{ف} = \frac{(\text{ع}^{٢} - \text{ع}_{.}^{٢})}{٢\text{جـ}} = \frac{\text{صفر} - ٢٢٥}{(-٢) \times ٢} = \frac{-٦٢٥}{-٤} = ١٥٦,٢٥ \text{ متراً}.$$

## السقوط الحر
## Free Fall

كان يعتقد قديماً إن سرعة الأجسام الساقطة تعتمد على كتلتها، أي أنه كلما ازدادت كتلة الجسم كلما سقط بسرعة أكبر، حتى أثبت العالم الإيطالي جاليلو عدم صحة هذا الاعتقاد، فقد وجد بالتجربة أن جميع الأجسام الساقطة سقوطاً تلقائياً تحت تأثير الجاذبية الأرضية تسقط بنفس العجلة مهما اختلف حجمها أو كتلتها إذا اهملت مقاومة الهواء.

وقد أجريت عدة تجارب لقياس عجلة الجاذبية الأرضية ( Acceleration of gravity ) ووجد أن قيمتها تساوي حوالي ٩,٨ (م/ث$^{٢}$) . هذه القيمة تختلف قليلاً من مكان إلى آخر على سطح الكرة الأرضية، لأسباب عدة: منها تغير بعد الجسم عن مركز الأرض بسبب تفلطحها عند خط الاستواء حيث تقل قيمتها وتزداد كلما اقتربنا من مركز الأرض كما هو الحال عند القطبين، كما إن هذه القيمة تقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر في نفس المكان، لكن إذا كان الارتفاع ليس كبيراً تعتبر قيمة عجلة الجاذبية الأرضية



el-online.net

ثابتة، وإذا أهملنا مقاومة الهواء التي تؤثر على حركة الجسم الساقط، فإن هذه الحركة المثالية تسمى "السقوط **الحر**" (وهذه العبارة تشمل الهبوط والصعود معاً).

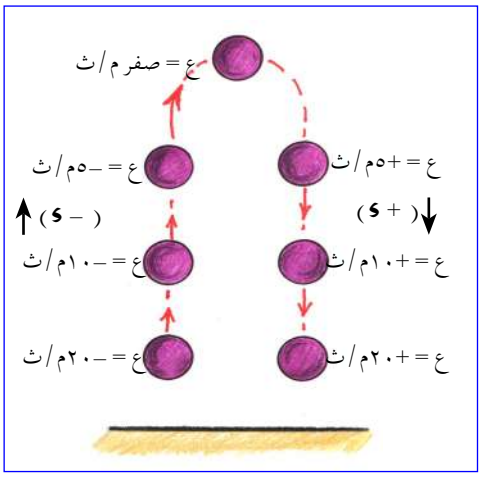
تعتبر حركة الجسم "**الحر**" في الاتجاه الأعلى أو الأسفل حركة جسم في خط مستقيم بعجلة منتظمة تساوي قيمتها ٩٫٨ (م/ث$^{٢}$)، وبناءً على ذلك تنطبق على هذه الحركة الرأسية المعادلات الثلاث (٦)، (٧)، (٨) لحركة جسم في خط مستقيم، التي سبق وإن درسناها، على أن نستبدل في هذه المعادلات الرمز (جـ) للعجلة المنتظمة بالرمز (ء) الذي يرمز لعجلة الجاذبية الأرضية.

وبذلك تكون معادلات الحركة الرأسية ذات العجلة المنتظمة (ء) في حالة السقوط الحر على النحو التالي:

ع = ع$_{.}$ + ء ز ..... (٦)

ف = ع$_{.}$ ز + $\frac{١}{٢}$ ء ز$^{٢}$ ..... (٧)

ع$^{٢}$ = ع$_{.}^{٢}$ + ٢ ء ف ..... (٨)



شكل (٧)

وفي حالة القذف الحر للأعلى تكون إشارة عجلة الجاذبية الأرضية سالبة (− ء)، بسبب طبيعة الاتجاه الدائم نحو الأسفل لعجلة الجاذبية الأرضية فإنه إذا قذف جسماً رأسياً إلى أعلى تكون حركته متباطئة، لأن اتجاه عجلته معاكس لإتجاه حركته، فتتناقص سرعته حتى تصبح مساوية إلى الصفر عندما يصل إلى أقصى ارتفاع له، ثم يعود نحو الأسفل بعجلة موجهة نحو الأسفل، فتزداد سرعته إلى أن تصل قيمتها إلى قيمة السرعة التي قذف بها عندما يصل إلى المكان الذي قذف منه، كما هو مبين في شكل (٧)، نظراً لهذه الطبيعة الموجهة نحو الأسفل لعجلة الجاذبية الأرضية، فعندما نحل المسائل، إذا اعتبرنا الاتجاه الرأسي إلى أعلى هو الاتجاه الموجب بالنسبة للإزاحة والسرعة، فإن العجلة تكون سالبة، أي تساوي (ء = −٩٫٨ م/ث$^{٢}$)، وإذا اعتبرنا الاتجاه الرأسي إلى أسفل هو الاتجاه الموجب بالنسبة للإزاحة والسرعة، فإن قيمة العجلة ء تكون موجبة أي (ء = ٩٫٨ م/ث$^{٢}$).



el-online.net

يمكن تعريف عجلة الجاذبية الأرضية بأنها : **تلك العجلة التي تسقط بها الأجسام سقوطاً حراً في مجال الجاذبية الأرضية.**

■ **مثال٨** : سقطت كرة رأسياً إلى أسفل من قمة برج، فوصلت إلى الأرض بعد ٣ ثوان، احسب :

أ – سرعتها عند ارتطامها بالأرض.

ب – ارتفاع البرج عن سطح الأرض.

● **الحل** : يفضل في هذه الحالة أن تختار الاتجاه الموجب هو الاتجاه الرأسي إلى أسفل فتكون الإزاحة ( ف ) التي تقطعها الكرة نحو الأسفل موجبة وتكون كل من سرعتها ( ع ) وعجلتها ( ء ) موجبه أيضاً.

أ – سرعة الجسم لحظة ارتطامه بالأرض :

ع = ع. + ء ز

= صفر + ٩٫٨ × ٣ = ٢٩٫٤ م/ث.

ب – نطبق المعادلة ( ٧ ) لإيجاد ( ف ) نجد أن :

$ف = ع_{.} ز + \frac{١}{٢} ء ز^{٢}$

حيث السرعة الابتدائية $ع_{.}$ = صفر

$ف = صفر + \frac{١}{٢} \times ٩٫٨ \times ٣^{٢} = ٤٤٫١$ متراً.

■ **مثال٩** : قذف جسم رأسياً إلى أعلى فوصل إلى أقصى ارتفاع له ١٠ متراً احسب :

أ – السرعة الابتدائية التي قذف بها الجسم.

ب – الزمن الذي استغرقه الجسم حتى وصل إلى أقصى ارتفاع.

● **الحل** : يفضل أن تختار في هذه المسألة الاتجاه الموجب هو الاتجاه الرأسي إلى أعلى فتكون كل من الإزاحة ( الارتفاع ) والسرعة موجبة والعجلة ( ء ) سالبة.

أ – إن السرعة عند أقصى ارتفاع ع = صفر ،

بتطبيق المعادلة ( ٨ ) نجد أن :

$ع^{٢} = ع_{.}^{٢} + ٢ ء ف$

صفر = $ع_{.}^{٢}$ + ٢ × ( –٩٫٨ ) × ١٠



el-online.net

ع$^{٢}$ = ٢ × ٩٨ = ١٩٦

ع. = $\sqrt{١٩٦}$ = ١٤ م/ث .

ب – الزمن الذي استغرقه الجسم حتى وصل إلى أقصى ارتفاع :

ع = ع. + ء ز

ز = $\frac{(ع - ع.)}{ء}$ = $\frac{(صفر - ١٤)}{-٩٫٨}$ = $\frac{١٤}{٩٫٨}$ = ١٫٤٣ ثانية .

## قوانين نيوتن للحركة
## Newton's Laws of Motion

لقد درسنا حركة جسم في خط مستقيم واشتققنا معادلات حركته التي أُسست على تعريفات الإزاحة والمسافة والسرعة والعجلة ولم نتطرق إلى مسببات الحركة والعلاقات التي تعبر عن ذلك وهي ثلاثة قوانين أساسية وضعت على أساس الملاحظات التجريبية وصاغها العالم البريطاني "إسحاق نيوتن" منذ ثلاثة قرون ( ١٦٤٢– ١٧٢٧ ) وفيما يلي شرحاً لها :

## القانون الأول لنيوتن
## Newton's 1st Law

نلاحظ من مشاهداتنا اليومية بأنه إذا وضعت كتاباً على منضدة ولم تجده فإنك تتوقع أن أحداً قد حركه من موضعه دون أن تحتاج لإثبات ذلك، وإذا ترك على المنضدة فإنه سيظل ساكناً لا يغير وضعه من تلقاء نفسه ما لم تدفعه أو تسحبه أو بوجه عام ما لم تؤثر عليه بمؤثر خارجي يغير من حالة سكونه. كذلك نلاحظ عند استخدامنا السيارة في تنقلاتنا بأنه عندما تكون السيارة متحركة بسرعة معينة ونريد أن نزيد سرعتها أي نعجلها، فإننا نضغط على معجل السيارة( ضاغط البنزين ) وعندما نريد أن نوقفها فإننا نضغط على فرامل السيارة وإذا أردنا أن نحيدها عن مسارها المستقيم، فإننا ندير عجلة القيادة، أي أن الجسم المتحرك بسرعة معينة في اتجاه معين لا يغير من مقدار سرعته، سواء بالزيادة أم النقصان أو يغير اتجاه سرعته، ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي، هذه المشاهدات التجريبية عبر عنها نيوتن ولخصها في قانونه الأول الذي ينص على ما يلي :



el-online.net

- **يستمر الجسم في حالة السكون أو الحركة في خط مستقيم بسرعة منتظمة ما لم يؤثر عليه مؤثر خارجي يغير من حالته.**

ويطلق على هذا المؤثر الخارجي اسم "**القوة**" ( Force ) أي أن القوة المؤثرة على جسم هي ذلك المؤثر الخارجي الذي يعمل على تغيير حالة الجسم من حيث السكون أو الحركة.

- وقد نتساءل: لو سلمنا بصحة هذا القانون، لماذا إذاً تقل سرعة السيارة المتحركة على طريق أفقي من تلقاء نفسها إلى أن تتوقف عند رفع قدمنا من معجل السيارة، حتى لو لم نضغط على فراملها؟ وكان المفروض طبقاً للقانون الأول لنيوتن أن تستمر السيارة في حركتها بالسرعة التي كانت عليها عند رفع القدم من معجل السيارة ما لم نؤثر عليها بمؤثر خارجي وهو قوة الفرامل للعمل على إيقافها.
- والجواب على هذا السؤال، هو أن هناك فعلاً قوى أخرى غير الفرامل تعمل على تقليل سرعة السيارة وإيقافها، وهي قوة الاحتكاك بين عجلات السيارة والطريق، كما أن هناك مقاومة الهواء لحركة السيارة، فإذا أراد سائق السيارة أن تتحرك سيارته بسرعة منتظمة في خط مستقيم، فإنه يضغط على معجل السيارة ضغطاً خفيفاً بالقدر الذي يعادل به مقاومة الهواء والاحتكاك للوصول إلى حالة توازن للسيارة وبذلك تكون محصلة القوى المؤثرة عليها معدومة.

نستنتج من ذلك أنه:

- **إذا أثر على جسم عدة قوى، وكانت محصلة التأثير الكلى لتلك القوى على الجسم صفراً، فإن الجسم يستمر في حالته من حيث السكون أو الحركة في خط مستقيم بسرعة منتظمة.**

## التعريف الوصفي للقوة:

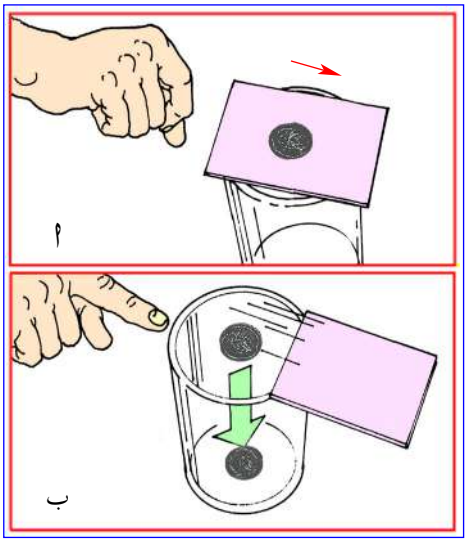
تكمن أهمية القانون الأول لنيوتن في أنه أعطى تعريفاً وصفياً للقوة، حيث وصفها أو عرفها بأنها: **تلك المؤثر الخارجي الذي إذا انعدم تأثيره على الجسم فإن الجسم يحتفظ بحالته من حيث السكون أو الحركة في خط مستقيم بسرعة منتظمة**، وفي حالة وجود المؤثر الخارجي ( أي القوة ) يؤثر على الجسم فإنه يؤدي إلى تغيير حالته.



el-online.net

## القصـــور الـذاتـــي Inertia :

إن القانون الأول لنيوتن يعبر عن عدم قدرة الجسم على تغيير حالته بنفسه، هذه الخاصية الذاتية للجسم تسمى خاصية القصور الذاتي وتعني أن الجسم عاجزاً أو قاصراً على تغيير حالته بنفسه، ويمكن إدراك معنى ذلك بإجراء النشاط التالي :



شكل ( ٨ )

ضع لوحـاً من الورق المقـوى الأملس على فوهة كوب زجاجي، وضع فوق الورقة قطعة من النقود المعدنية، أضرب حافة الورقة باصبعك بقوة أفقية كما في الشكل ( ٨ أ) تلاحظ أن الورق تندفع بعيداً عن الكوب، بينما تسقط قطعة النقود فيه شكل ( ٨ ب ) وفي هذا دليل واضح على أنه بالرغم من اندفاع الورقة فإن قطعة النقود احتفظت بحالة سكونها التي كانت عليها ولم تتأثر بحركة الورقة، وهناك مشاهدات في حياتنا اليومية توضح خاصية القصور الذاتي، فعندما تبدأ السيارة حركتها فجأة من السكون، يلاحظ أن الركاب يندفعون إلى الخلف ويفسر ذلك بأنه في هذه اللحظة يحتفظ الركاب بحالة السكون التي كانوا عليها بينما تبدأ السيارة حركتها إلى الأمام – فينتج عن ذلك اندفاعهم إلى الخلف بالنسبة للسيارة .

**سـؤال :** ما تفسيرك لاندفاع ركاب السيارة إلى الأمام عند توقفها فجأة ؟

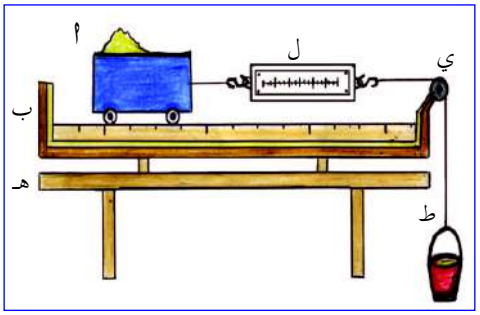
## كتلـة الجسم وقصـوره الـذاتـي :

تعلمنا من الدروس السابقة وتعلمنا من التجربة أن جسماً ساكناً لا يبدأ في الحركة أبدا من تلقاء نفسه ولابد من دفعه أو جره، ولإيقافه إذا كان متحركاً لابد من وجود قوة معاكسة لإبطاء حركته وذلك نتيجة لقصوره الذاتي، وتعتبر الكتلة قياساً لهذا القصور ولتوضيح ذلك دعنا نتأمل التجربة التالية لأجل الوصول إلى العلاقة التي



el-online.net

تربط بين القوة المؤثرة على الجسم بعجلته وكتلته، من أجل تحقيق ذلك يستخدم الجهاز المبين في الشكل ( ٩ ) الذي يتكون من:



شكل ( ٩ )

١ – عربة صغيرة (أ) تتحرك على سطح أفقي أملس ملصقة به مسطرة ( ب ) لقياس المسافات التي تقطعها العربة على السطح.

٢ – يمكن سحب العربة بواسطة حبل مربوط بإحدى طرفي ميزان زنبركي ( ل ) والطرف الآخر للميزان مربوط بحبل يتدلى منه سطل ( ط ) به رمل ويمر على بكرة صغيرة ( ي ) مثبتة على السطح الأفقي.

٣ – منضدة أفقية ( هـ ) يوضع عليها السطح الأملس.

إذا كانت كتلة العربة مع حمولتها تساوي ( ك ) وقوة ثقل الرمل تساوي ( ق ) نحددها بواسطة مؤشر الميزان الزنبركي وهي القوة المؤثرة على العربة التي تتحرك بعجلة ( جـ ) تحت تأثير هذه القوة ( ق ).

بتحديد المسافة ( ف ) التي تقطعها العربة بواسطة المسطرة المثبتة على السطح الأملس وقياس الزمن ( ز ) الذي استغرق في قطع هذه المسافة بواسطة ساعة ايقاف، نستطيع حساب عجلة العربة من العلاقة :

$$ف = ع_{.} ز + \frac{١}{٢} جـ ز^{٢} \quad ، ( \text{حيث } ع_{.} = \text{صفراً} )$$

$$ف = \frac{١}{٢} جـ ز^{٢}$$

وبتكرار هذه التجربة عدة مرات وذلك بتغيير كمية الرمل في السطل أي بتغيير القوة المؤثرة على كتلة العربة، فإننا نجد أن:

$$\frac{ق_{١}}{جـ_{١}} = \frac{ق_{٢}}{جـ_{٢}} = \frac{ق_{٣}}{جـ_{٣}} = \text{مقدار ثابت } ( ك )$$

وبصورة عامة فإن:

$$ك = \frac{ق}{جـ} \qquad ..... \quad ( ٩ )$$

ولهذه العلاقة صورة أخرى هي ق = ك . جـ أو جـ = $\frac{ق}{ك}$ ، والمقدار الثابت هو



el-online.net

كتلة العربة مع حمولتها ( ك ) وهذا يعني أن العجلة التي يتحرك بها الجسم تتناسب طردياً مع القوة المؤثرة عليه عند ثبوت كتلته ويختلف الثابت ( ك ) من جسم إلى آخر ويسمى الكتلة القصورية ( كص ) للجسم وتعتبر مقياساً لمقدار الممانعة التي يبديها الجسم للقوة المحصلة المؤثرة عليه التي تحاول تغيير حالته، أي مقياساً لقصوره الذاتي ، فكلما ازدادت كتلة الجسم ( ك ) فإننا نحتاج إلى قوة أكبر لكي نكسبه العجلة ( جـ ) نفسها .

## القانون الثاني لنيوتن
## Newton's 2nd Law

من العلاقة الأخيرة نجد أن :

$$\overleftarrow{ق} = ك \overleftarrow{جـ}$$

فإذا أثرت على الجسم عدة قوى وكانت محصلة هذه القوى هي القوة $\overleftarrow{ق_ح}$ فإنه يمكن كتابة هذه العلاقة على النحو الآتي :

$$\overleftarrow{ق_ح} = ك \overleftarrow{جـ} \quad ..... (١٠)$$

وهي الصيغة الرياضية للقانون الثاني لنيوتن الذي ينص على أنه :

- **إذا أثرت عدة قوى على جسم أكسبته عجلة يتناسب مقدارها تناسباً طردياً مع مقدار القوة المحصلة ويكون اتجاهها في اتجاه القوة المحصلة نفسها .**

وهو قانون تم التوصل إليه مثلما رأينا تجريبياً ويعد هذا القانون التعريف الكمي للقوة .

### ملاحظة :

إذا كان اتجاه القوة المحصلة المؤثرة على الجسم في اتجاه حركته، فذلك يؤدي إلى زيادة سرعته وتكون إشارة العجلة ( جـ) موجبة، أما إذا كان اتجاه القوة المحصلة بعكس اتجاه حركة الجسم، فإن سرعته تتناقص وتكون إشارة عجلته سالبة مما يؤدي إلى تباطؤه حتى يتوقف .



el-online.net

تشير دراسة العلاقة ( ١٠ ) إلى أنه إذا كانت القوة المحصلة صفراً فإن العجلة التي يكتسبها الجسم = صفراً ( أي أن الجسم إما أن يكون ساكناً أو متحركاً في خط مستقيم بسرعة منتظمة ) .

## وحدات القوة Units of force :

إن وحدة قياس القوة في النظام الدولي ( SI ) هي النيوتن التي عرفت بأنها : تلك القوة التي إذا أثرت على كتلة مقدارها ١ كجم أكسبته عجلة مقدارها ١متر/ث٢، ومن القانون الثاني لنيوتن يمكننا التعبير عن النيوتن بدلالة الوحدات الأساسية للنظام الدولي ( كجم، متر، ثانية ) بأن :

١ نيوتن = ١كجم × ١متر/ث٢ .

وكذلك وحدة القوة في النظام ( جم ، سم ، ث ) تدعى داين ( dyne ) وتعرف بأنها: **تلك القوة التي إذا أثرت على كتلة مقدارها ١ جم أكسبتها عجلة مقدارها ١سم/ث٢** أي أن :

١ داين = ١جم × ١سم/ث٢ .

والعلاقة بين النيوتن والداين هي :

١نيوتن = ١كجم × م/ث٢ = ١٠٠٠جم × ١٠٠سم/ث٢

١نيوتن = ١٠٥جم. سم/ث٢ =١٠٥ داين.

## الكتلة Mass :

تعرف كتلة جسم : **بمقدار ما يحتويه الجسم من مادة وهي كمية قياسية تقدر بالكيلوجرام** .

## الوزن Weight :

سبق لك وأن أدركت الحقيقة من الدروس السابقة وهي أن الأرض تجذب ما حولها من الأجسام وأن القوة التي تؤثر بها الأرض على أي جسم تدعى وزن الجسم ( و ) وقد تعلمت كذلك من الدروس السابقة أن الجسم الساقط سقوطاً حراً يخضع لتأثير عجلة الجاذبية الأرضية ( ء ) التي اتجاه تأثيرها نحو مركز الأرض، وإذا طبقنا القانون الثاني لنيوتن على حركة الجسم الساقط سقوطاً حراً ذو الكتلة ( ك ) فإن قوة الجاذبية الأرضية ( ق ) المؤثرة عليه تساوي : $\overleftarrow{ق_{ج}} = ك . \overleftarrow{ء}$



el-online.net

وحيث أن $\overleftarrow{ق_ج} = \overleftarrow{و}$ ∴ $\overleftarrow{و} = ك \overleftarrow{ء}$

بما أن الوزن ( و ) يتعلق بعجلة الجاذبية الأرضية ( ء ) فإنه يتغير من مكان إلى آخر على سطح الأرض، فهو يقل كلما ارتفعنا عن سطح البحر، وهو كمية متجهة واتجاهها نحو مركز الأرض دائماً.

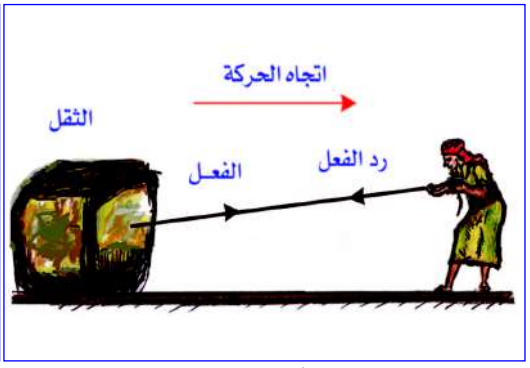
■ **مثال ١٠** : احسب وزن جسم كتلته ٣ كجم موضوع في مكان قيمة الجاذبية الأرضية فيه ٩,٨ م/ث٢ .

● **الحل** : وزن الجسم في هذا المكان ( و ) تساوي :

و= ك ء = ٣ كجم × ٩,٨ م/ث٢ = ٢٩,٤ نيوتن.

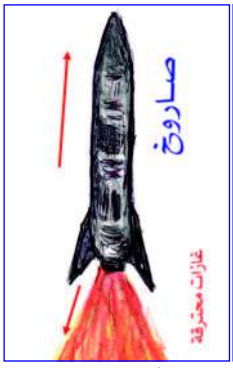
## القانون الثالث لنيوتن
## Newton's 3rd Law

من المشاهدات المألوفة أنه إذا جرينا طرف حبل مربوطاً بثقل كبير موضوعاً على الأرض فإننا نشعر أن الثقل يشدنا نحوه ويطلق على قوة الشد التي يؤثر بها الرجل على الثقل لتحريكه اسم "**فعل**" (Action) كما يطلق على ما نتج عن ذلك من قوة شد يؤثر بها الثقل على الرجل في الاتجاه المضاد اسم "**رد فعل**" ( Reaction ) وذلك عندما يكون الحبل متزناً ( أي أن يكون الحبل ساكناً أو يتحرك بسرعة منتظمة ) انظر شكل ( ١٠ ) وكذلك عندما تنطلق رصاصة من بندقية، فإن البندقية ترتد إلى الخلف بتأثير رد فعل الرصاصة عليها، وتكون قوة رد الفعل على البندقية مساوية في المقدار للقوة التي تؤثر بها على الرصاصة عند اطلاقها ومضاد لها في الاتجاه شكل ( ١١ ) كما ينطبق هذا على حركة الصاروخ انظر الشكل ( ١٢ ).



شكل ( ١٠ )

شكل ( ١١ )



شكل ( ١٢ )



el-online.net

وقد عبر نيوتن عن ذلك بقانونه الثالث الذي ينص على أن :

**● لكل فعل رد فعل مساوٍ له في المقدار ومضاد له في الاتجاه .**

**سؤال :** اذكر مثالين على القانون الثالث لنيوتن.

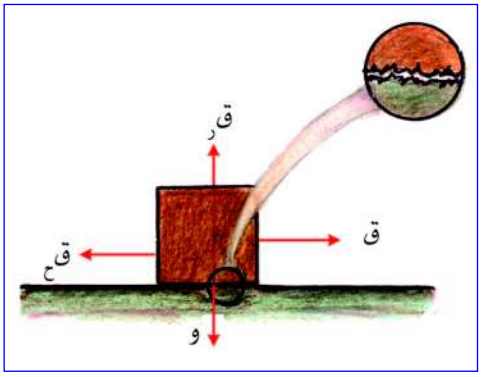
■ **مثال ١١ :** تؤثر قوة على جسم كتلته ٥ كجم بحيث تزداد سرعته من ٣ متر/ث إلي ٧ متر/ث خلال ثانيتين. أوجد مقدار هذه القوة .

● **الحل :** من أجل حساب القوة نوجد أولاً عجلة الجسم الناتجة عن تأثير القوة على الجسم ثم نطبق قانون نيوتن الثاني :

$$\text{جـ} = \frac{(\text{ع} - \text{ع}_0)}{\text{ز}} = \frac{(٧ - ٣)}{٢} = \frac{٤}{٢} = ٢ \text{ م/ث}^2$$

ق = ك جـ = ٥ × ٢ = ١٠ نيوتن.

## قوة الاحتكاك Frictional Force :



شكل (١٣)

إذا تحرك جسم على سطح خشن فإن حركته تلقى مقاومة من قبل السطح الخشن وتسمى هذه المقاومة قوة الاحتكاك. إن سطوح الأجسام وإن بدت لنا ملساء، فإنها تتكون من نتوءات تظهر لنا واضحة حين ننظر إليها من خلال مجهر مكبر كما هو مبين في الشكل (١٣)، وأن قوة الاحتكاك تزداد بازدياد خشونة سطوح الأجسام.

لقوة الاحتكاك فوائد كبيرة في حياتنا اليومية فلو كانت الأرض ملساء قليلة الاحتكاك لصعب علينا السير عليها، وكذلك يصعب علينا مسك الأواني الزجاجية عندما تكون أيدينا مبللة بالصابون، وإذا افترضنا عدم وجود احتكاك فإن الأجسام



el-online.net

المتحركة سوف تستمر في الحركة دون توقف، فوجود قوة الاحتكاك هو أساس عمل الفرامل في السيارات والقطارات وغيرها من العربات المتحركة.

## معامل الاحتكاك Coefficient of friction :

تسمى النسبة بين قوة الاحتكاك ( ق ح ) إلى القوة العمودية ( ق ر ) بين السطحين المحتكين معامل الاحتكاك م ح ونعبر عنه رياضياً بالعلاقة : م ح = $\frac{\overleftarrow{ق_ح}}{\overleftarrow{ق_ر}}$

وهو عبارة عن قيمة عددية ليس له وحدة قياس لأنه نسبة بين قوتين لهما نفس الوحدة ومنه نجد أن :

$\overleftarrow{ق_ح} = م_ح \times \overleftarrow{ق_ر}$ ..... ( ١١ )

حيث أن قوة الإحتكاك ق ح كمية متجهة، ويكون اتجاهها عكس اتجاه حركة الجسم، ق ر هي القوة الرأسية ( العمودية ) وتكون دائماً عمودية على سطح الحركة واتجاهها للأعلى.

### جدول ( ١ ) قائمة بمعامل الاحتكاك الحركي ( الانزلاقي ) لبعض السطوح

| معامل الاحتكاك الحركي م ح | السطحان المحتكان | |
|---|---|---|
| ٠,٥٧ | فولاذ ( Steel ) | فولاذ ( Steel ) |
| ٠,٤٧ | فولاذ | المنيوم ( Aluminum ) |
| ٠,٣٦ | فولاذ | نحاس ( Copper ) |
| ٠,٨ | اسمنت مسلح ( Concrete ) | مطاط ( Rubber ) |
| ٠,٢ | خشب ( Wood ) | خشب ( Wood ) |
| ٠,٤ | زجاج ( Glass ) | زجاج ( Glass ) |
| ٠,٠٦ | معدن مشحم | معدن مشحم Lubricated ( Metal ) |
| ٠,٠٣ | جليد ( ICE ) | جليد ( ICE ) |
| ٠,٠٤ | ثلج جاف ( Dry Snow ) | خشب مشحم ( Waxed Wood ) |
| ٠,١ | ثلج مبلل ( Wet Snow ) | خشب مشحم |

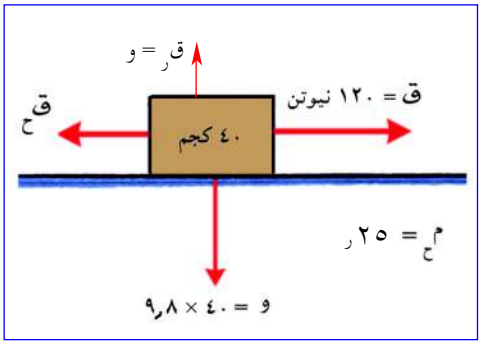


el-online.net

■ **مثال ١٢ :** جسم كتلته ٤٠ كجم يرتكز على أرضية أفقية خشنة ومعامل الاحتكاك الحركي بين الجسم والأرضية هو ٠,٢٥ إذا أثرت على الجسم قوة مقدارها ١٢٠ نيوتن لمدة ثانيتين، شكل ( ١٤ )، احسب ما يلي :

أ – عجلة الجسم.

ب – سرعته في نهاية الثانيتين.




شكل ( ١٤ )

● **الحـــل :** أ – الشكل ( ١٤ ) يبين القوى المؤثرة عل الكتلة وتحسب عجلة الجسم من القانون الثاني لنيوتن أي :

ق ـ = ك جـ ، حيث ق ـ هي محصلة القوى المؤثرة على الجسم.

وتساوي الفرق بين القوة المؤثرة على الجسم ( ق ) وقوة الاحتكاك ق ح ، أي أن :

ق ـ = ق – ق ح = ك جـ

( حيث ق ح = م ح × ق ر = ٠,٢٥ × ٤٠ × ٩,٨ = ٩٨ نيوتن )

ق – ق ح = ك جـ

∴ ١٢٠ – ٩٨ = ٤٠ جـ ، ٢٢ = ٤٠ جـ

∴ جـ = ٠,٥٥ م/ث٢ .

ب – كما تحسب سرعته بعد ثانيتين من بدء حركته من السكون من القانون :

ع = ع. + جـ ز ( حيث ع. = صف

∴ ع = صفر + ٠,٥٥ × ٢ = ١,١ متر/ث.



el-online.net

## تقويم الوحدة

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الاجابة عن الأسئلة الآتية :**

**١ – عرف كلاً من الكميات الفيزيائية الآتية :**

( السرعة، السرعة المنتظمة، السرعة المتوسطة، العجلة المنتظمة، معامل الاحتكاك )

**٢ – وضح المقصود بكل من :** ( السقوط الحر – القصور الذاتي )

**٣ – أكمل الجمل الآتية :**

يستمر الجسم في حالة ..... ما لم يؤثر عليه ..... يغير من حالته .

**٤ – أعط تفسيراً لما يلي :**

أ – استخدام أحزمة الأمان في السيارة .

ب – جميع الأجسام التي تسقط في الفراغ سقوطاً حراً تصل إلى الأرض بالسرعة نفسها وبالزمن نفسه مهما اختلفت كتلها أو أحجامها ( باهمال مقاومة الهواء ) .

جـ – إذا أسقطت كتلتين من الحديد من نفس الارتفاع، الكتلة الصغيرة تصل إلى الأرض قبل الكتلة الكبيرة ( في وجود مقاومة الهواء ) .

د – وصول المظلي إلى الأرض بسرعة تقريباً منتظمة .

**٥ – حدد "الفعل" و "رد الفعل" التي يتضمنها القانون الثالث لنيوتن في كل من الحالات التالية :**

أ – صندوق موضوع على مستوى أفقي .

ب – يتعلق رجل من حبل رأسي .

جـ – تحرُك القارب ذو المجداف في الماء .

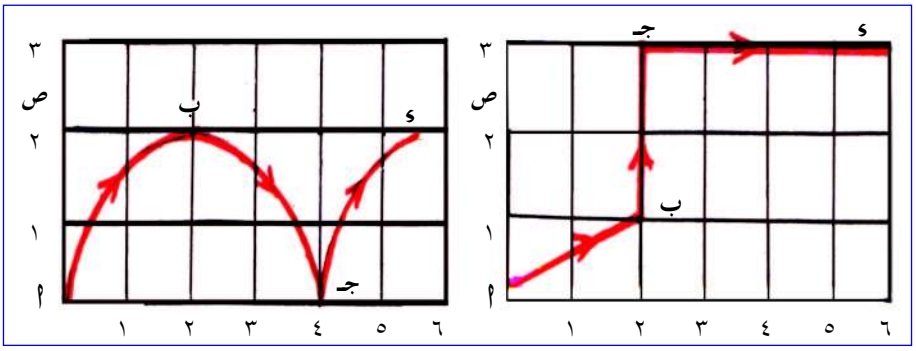
**٦ – سيارتان تحركتا من الموضع (أ) إلى الموضع (ب) ثم (جـ) ثم (ء) المبينة أحداثياتها في كل من الشكلين ( ١٥ ) و ( ١٦ ) بالكيلومترات أوجد :**

أ – الازاحة الكلية لكل من السيارتين من الموضع (أ) الابتدائي إلى الموضع ( ء ) النهائي .



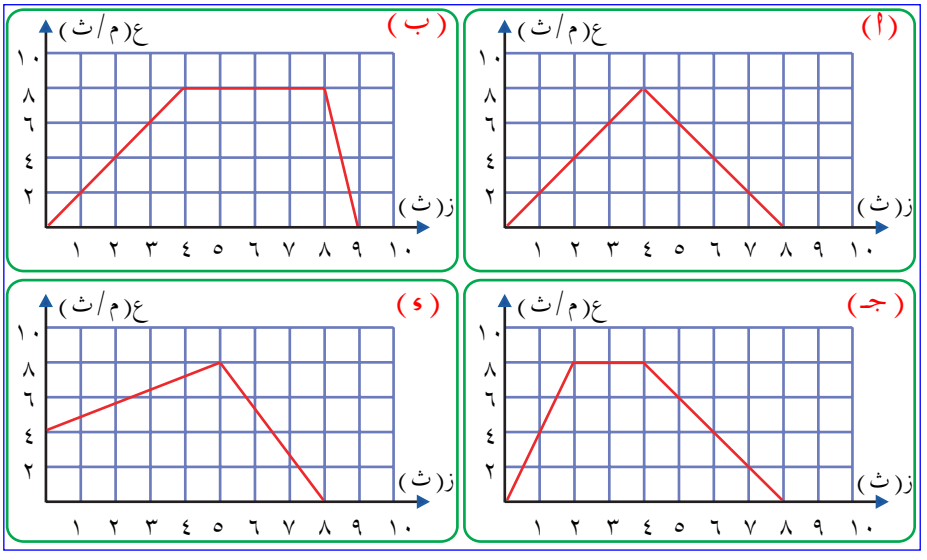
el-online.net

ب – المسافة الكلية التي قطعتها كل سيارة من ( أ ) إلى ( ء ) .




شكل ( ١٥ )　　شكل ( ١٦ )

**٧ – صف الحركة في كل من الرسوم المبينة في الشكل ( ١٧ ) واحسب المسافة المقطوعة في كل حالة وفي مدة ( ٨ ) ثوان من بدء الحركة .**




شكل ( ١٧ )

**٨ – احسب متوسط سرعتك عندما تسير مسافة قدها ٩٠ متراً بسرعة ١,٥م/ث ، ثم مسافة ١٦٠ متراً بسرعة ٤ م/ث في طريق مستقيم .**



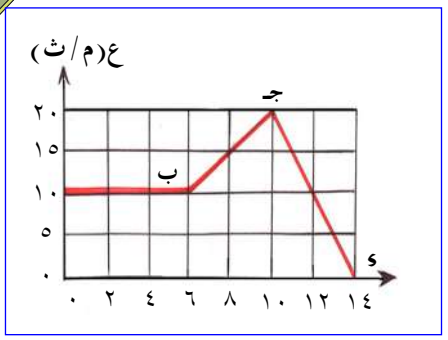
el-online.net

**٩ – يبين الرسم البياني في الشكل (١٨) كيفية تغيير سرعة جسم مع الزمن، أوجد :**

أ – العجلة التي يتحرك بها الجسم في الأزمنة :

ز = ٤ث، ز = ٨ ث،

ز = ١٢ ث.




شكل (١٨)

ب – المسافة التي يقطعها الجسم بعد ٦ث، ١٠ث، ١٤ث من بدء الحركة.

**١٠– تحركت سيارة بعجلة منتظمة مبتدئة من السكون، فاكتسبت سرعة مقدارها ٤٥ كم/ ساعة في ١٢ ثانية، احسب :**

أ – العجلة التي تحركت بها السيارة.

ب – المسافة التي قطعتها خلال تلك الفترة.

**١١– سيارة بدأت حركتها من السكون وبعد ٢٥ ثانية أصبحت سرعتها ٤٥ كم/ ساعة أوجد :**

أ – مقدار العجلة التي تتحرك بها السيارة.

ب – الزمن الذي تحتاجه السيارة بعد ذلك لكي تصل سرعتها إلى ٧٢كم/ساعة إذا استمرت السيارة في حركتها بنفس العجلة السابقة.

**١٢– قبل الاقلاع تتحرك طائرة من السكون بعجلة منتظمة مسافة قدرها ٩٨٠ متراً في ١٤ ثانية، عيِّن :**

أ – العجلة ، ب – السرعة عند الاقلاع

جـ – المسافات المقطوعة خلال الثانية الأولى والثانية الرابعة عشرة.

**١٣– تتناقص سرعة عربة نقل بانتظام من ( ٣٠ م/ ث ) إلى ( ١٠م/ ث ) خلال ٢٠ ثانية عيِّن :**

أ – متوسط السرعة خلال الـ ٢٠ ثانية.



el-online.net

ب – المسافة المقطوعة خلال الـ ٢٠ ثانية.

جـ – العجلـة .

د – المسافة الكلية التي ستقطعها السيارة حتى تتوقف.

**١٤- أطلق جسماً رأسياً إلى الأعلى من سطح الأرض بسرعة ٣٥م/ث أوجد:**

أ – أقصى ارتفاع يصل إليه الجسم.

ب – الزمن اللازم للوصول إلى هذا الارتفاع.

جـ – متى يكون الجسم على ارتفاع ٦٠ متراً (أعتبر د = ١٠م/ث$^{٢}$).

**١٥- سقطت حصاة رأسياً إلى أسفل في بئر فارتطمت بالماء بعد ٤ ثوان أحسب:**

أ – سرعة الحصاة عند ارتطامها بالماء . ب – عمق البئر

١٦- أ – ما هو وزن جسم كتلته ٦ كجم في مكان عجلة الجاذبية الأرضية فيه ٩,٨م/ث$^{٢}$؟

ب – ما هي كتلة جسم يزن ٢ نيوتن في نفس المكان؟

**١٧- جسم ساكن كتلته ١٠ كجم موضوع على مستوى أفقي أملس فإذا أثر عليه بقوة أفقية مقدارها ٣,٢ نيوتن أوجد:**

أ – العجلة التي تحرك بها الجسم بتأثير هذه القوة.

ب – المسافة التي قطعها الجسم خلال ٣ ثوان من بدء الحركة.

جـ – سرعة الجسم في نهاية هذه الفترة.

**١٨- سيارة كتلتها ٥٠٠كجم تتحرك بسرعة ٢٠ م/ث أوجد:**

أ – مقدار قوة الفرامل التي تعمل على ايقاف السيارة خلال ٤ ثوان.

ب – المسافة التي تقطعها السيارة أثناء هذه الفترة.

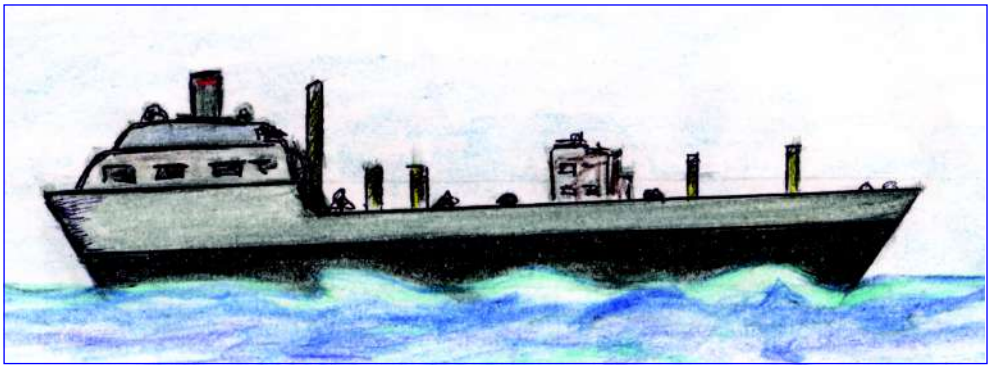


el-online.net

# الوحدة الثالثة

# خواص المواد الصلبة والموائع

# Properties of Solids and Floids



## أهداف الوحدة :

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :**

١ – تعرف مفاهيم : الحركة الجزيئية ، حد المرونة ، نقطة الكسر ، معامل يونج ، نقطة الإذعان ، الإجهاد ، الإنفعال .

٢ – تستنتج العلاقات الخاصة بالمرونة والتوتر السطحي والطفو رياضياً .

٣ – تتعرف على طريقة استخدام البارومتر المعدني لقياس الضغط الجوي .

٤ – تحلل البيانات التي تحصل عليها من التجارب للتوصل إلى النتائج .

٥ – تصنف المواد على أساس اختلاف حالاتها .

٦ – تتعرف بعض التطبيقات العملية لبعض خواص المادة .

٧ – تعزز إيمانك بقدرة الخالق من خلال ما تدرسه عن خواص المادة .



el-online.net

تعرفت في دراستك السابقة لخواص المادة بعض المفاهيم الخاصة والاساسية المتعلقة بها وبعض التطبيقات العملية في الحياة، وستتعرف في هذه الوحدة على المزيد عن تلك الخواص وذلك من خلال دراسة النظرية الحركية الجزيئية واستخدامها في تفسير الحالات المختلفة للمادة وتحولاتها من حالة إلى أخرى، كما ستتناول استخدام بعض العلاقات الرياضية للتعبير عن هذه الخواص واستخدام الرسم البياني لنتائج التجارب وتحليلها، والتعرف على بعض التطبيقات العملية لخواص المادة.

## النظرية الحركية الجزيئية
## kinetic theory of matter

- مم تتركب المادة ؟
- ما سبب وجود المادة في حالات متعددة تحت ظروف مختلفة من الضغط ودرجة الحرارة ؟
- للاجابة عن تلك التساؤلات، قم باجراء الأنشطة التالية :

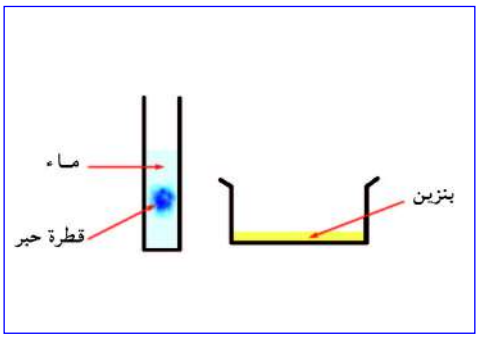
### نشاط ( ١ ) :

١ – اسكب قليلاً من مادة متطايرة مثل البنزين في إناء مفتوح وابتعد عنه عدة أمتار، ماذا تلاحظ ؟

- ما سبب انتشار رائحة البنزين لعدة أمتار ؟

٢ – خذ أنبوبة اختبار زجاجية وضع فيها كمية من الماء، ثم اسكب داخل الماء قطرة من الحبر، ماذا تلاحظ ؟ هل تبقى القطرة في مكانها ؟ أم تنتشر خلال الماء ؟

٣ – انظر الشكل ( ١ )، أيهما ينتشر أسرع؟ الحبر في الماء، أم البنزين في الهواء؟. لماذا ؟



شكل ( ١ ): انتشار السوائل والغازات

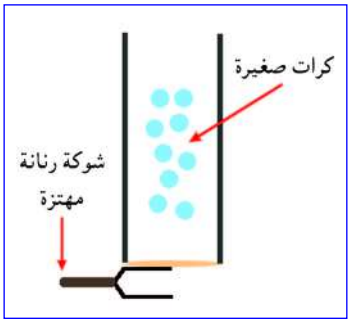


el-online.net

## نشاط ( ٢ ) :

١ – خذ أنبوبة زجاجية مفتوحة من طرفيها ثم سد أحد طرفيها بواسطة غشاء مطاطي مثبت وعلقها رأسياً وضع داخلها عدد من الكرات الصغيرة الملونه مثل ( حبات المسبحة ) .

٢ – اجعل جسماً مهتزاً يلامس الغشاء المطاطي المشدود .



شكل ( ٢ ) : حركة جزيئات المادة

انظر الشكل ( ٢ )، ماذا تلاحظ بالنسبة لحركة الكرات ؟

يمكنك تشبيه حركة جزيئات المادة بحركة تلك الكرات .

للإجابة عن التساؤلات التي أثارتها ملاحظاتك في النشاطات السابقة عليك التعرف على تركيب المادة وأهم النظريات التي تعالج ذلك .

## فروض النظرية الحركية الجزيئية

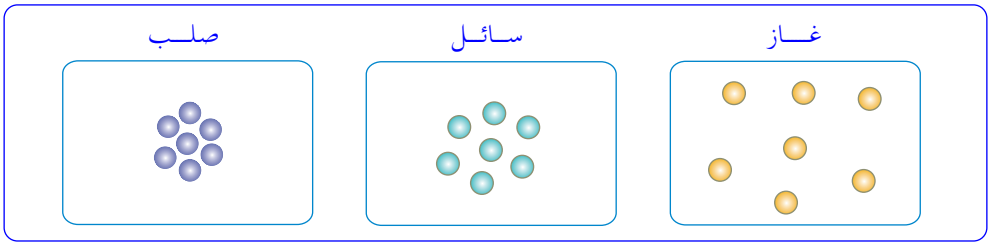
١ – تتركب المادة من جزيئات صغيرة جداً لا ترى بالعين المجردة .

٢ – تفصل بين الجزيئات مسافات تسمى المسافات الجزيئية تسمح لها بالتحرك في حدود هذه المسافات .

٣ – تؤثر الجزيئات على بعضها بقوة جذب تسمى قوى التماسك بين الجزيئات، وتكون كبيرة جداً في المواد الصلبة ومتوسطة في السوائل وصغيرة جداً في الغازات .

٤ – تكون الجزيئات في حالة حركة دائمة وتزداد سرعة حركتها بزيادة درجة الحرارة، وتكون الحركة اهتزازية في المواد الصلبة ، وانتقالية دورانية في السوائل، وعشوائية في الغازات .

أنظر الشكل ( ٣ ) لملاحظة تغير المسافات بين الجزيئات في الحالات المختلفة للمادة .



شكل ( ٣ ) : المسافة بين الجزيئات



el-online.net

وللتأكد من صحة تأثير درجة الحرارة على المسافة بين الجزيئات وزيادة سرعتها وبالتالي تحول المادة من حالة إلى أخرى قم بالنشاط الآتي :

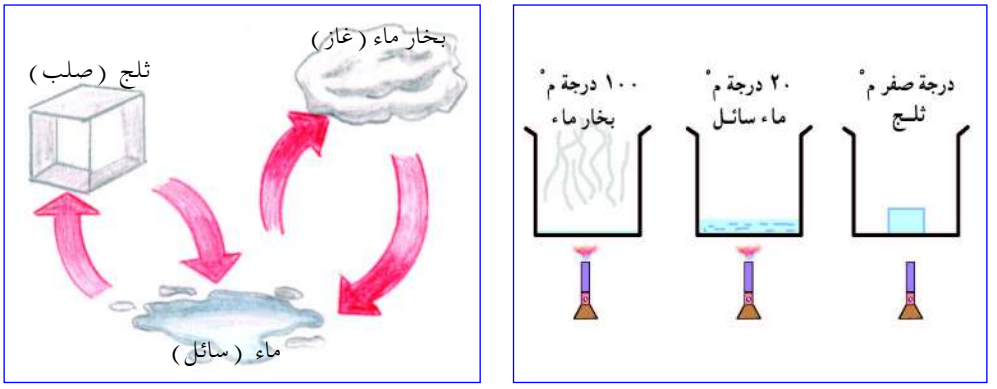
**نشاط ( ٤ ) :**

١ – ضع قالباً من الثلج في إناء زجاجي وضعه على لهب لتسخينه، انظر الشكل ( ٤ ) .

٢ – لاحظ مع استمرار التسخين، ماذايحدث لقالب الثلج ؟

٣ – دون ملاحظاتك عما يحدث .

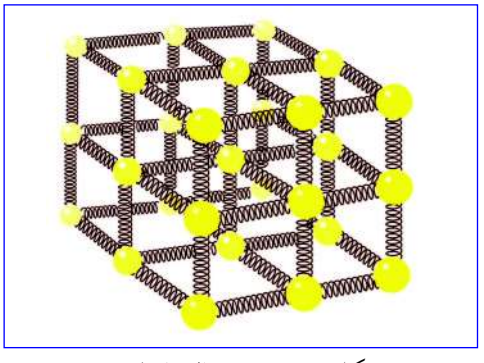
٤ – كيف تحول قالب الثلج من الحالة الصلبة إلى الحالة السائلة بالتسخين ثم إلى الحالة الغازية ( بخار الماء )؟




شكل ( ٤ ) تحولات المادة

● **يمكنك تفسير ذلك في ضوء النظرية الحركية الجزيئية كما يأتي :**

١ – في المواد الصلبة ( قالب الثلج ) تكون قوى التماسك بين الجزيئات كبيرة جداً والمسافات بين الجزيئات صغيرة ولاتسمح للجزيئات بالحركة إلا في حدوث الاهتزاز حول نفسها، بحيث يمكن تشبيهه بوجود زنبركات تربط هذه الجزيئات كما في الشكل ( ٥ ) .



شكل ( ٥ ) : قوى التماسك بين جزئيات المادة الصلبة



el-online.net

٢ – ترتفع درجة الحرارة مع التسخين وتزداد المسافة بين الجزيئات وتزداد سرعة حركة الجزيئات وتقل قوى التماسك بين الجزيئات إلى أن تتحول المادة الصلبة إلى سائلة.

٣ – بمزيد من التسخين وارتفاع درجة الحرارة إلى درجة الغليان تزداد المسافة بين الجزيئات أكثر وتقل قوى التماسك بشكل كبير إلى أن تتحرر الجزيئات تقريباً، وتزداد سرعتها بدرجة عالية بما يسمح لها بالانتشار بعيداً.

## بعض التطبيقات العملية على تحولات المادة :

**نشاط ( ٥ ) :**

- قم بالبحث عن كيفية استخراج مادة ملح الطعام من مياه البحر، وإذا تمكنت من زيارة محافظة عدن، حاول التعرف على آلية عمل ملاّحات عدن.
  وكذلك محطة تحلية مياه البحر واستخلاص المياه العذبة منها.
  سجل ملاحظاتك في كراستك.
- ابحث بطريقتك عن آلية تكرير النفط واستخراج المواد المستهلكة منه ( البنزين، الجاز، الديزل،وقود الطائرات .... الخ )، وسجل ملاحظاتك في كراستك.
- اذكر بعض التطبيقات العملية الأخرى عن تحولات المادة ودونها في كراستك.



el-online.net

# المـرونـة في الأجسـام الصلبـة
## Elasticity In Solids

سـبق لك التـعـرف على بعض خـواص المادة الصلبـة مـثل المرونة – الصـلابة – الصلادة – المتانة – قابلية السحب والطرق . . إلخ، وسنقوم في هذه الوحدة بدراسة أكثر توسعاً وعمقاً لإحدى هذه الخواص وهي المرونة .

ما المـــرونـــة ؟ . . اذكر بعض الشواهد من حولك الدَّالة على خاصية المرونة ؟

### نشاط ( ٦ ) :

١ – خذ زنبرك معدني وعلقه رأسياً في حامل رأسي وعلق في طرفه الأسفل كفة أثقال بها وزناً مناسباً، ماذا تلاحظ ؟

٢ – ابعد كفة الأثقال عن الزنبرك، انظر الشكل ٦–أ ماذا تلاحظ ؟

٣ – خذ قضيبا أسطوانياً من المطاط وثبت قاعدته رأسياً على الطاولة .

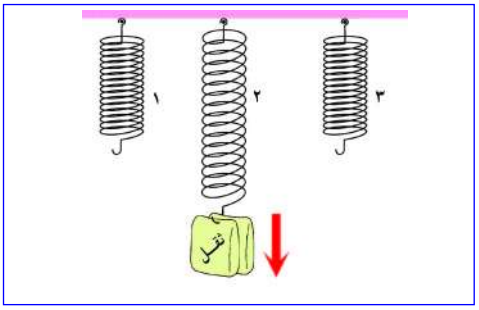
٤ – بواسطة اليد قم بليّ القضيب من أعلى، ماذا تلاحظ ؟

٥ – أوقف عملية اللّي في القضيب، انظر الشكل ٦–ب، ماذا تلاحظ ؟

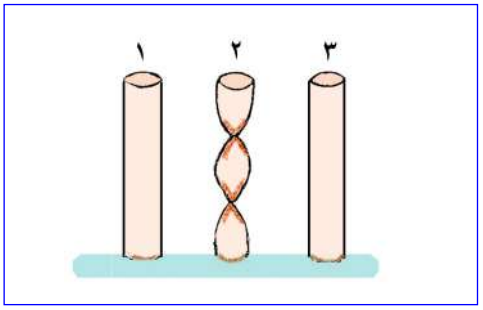
٦ – خذ جسماً مكعباً من الطين أو الصلصال وضعه على الطاولة واضغط عليه بقبضة يدك، ماذا تلاحظ ؟

٧ – ارفع يدك عن الجسم، ماذا تلاحظ ؟

تستنتج مما سبق أن : **المرونة هي خاصية استعادة الأجسام الصلبة لشكلها وحجمها الأصليين بعد زوال المؤثر الخارجي عليها .**




شكل ( ٦ – أ )




شكل ( ٦ – ب )

**المـرونـة في الأجسـام الصلبـة**



el-online.net

ولكن .. هل تتساوى المواد المختلفة في قابلية العودة إلى شكلها وحجمها الأصليين بعد زوال المؤثر ؟ وكيف تتغير قابلية الأجسام للتغير بتأثير القوى الخارجية وكذلك قدرتها على العودة إلى وضعها الأصلي بعد زوال هذا المؤثر.

لتوضيح ذلك سندرس جهود العالم الإنجليزي هوك والقانون الذي استنتجه لتوضيح ذلك.

## قانون هوك HOOK'S LOW

كيف يتغير مقدار الاستطالة الحادثة في زنبرك عند تأثير قوة شد عليه ؟

للإجابة على هذا السؤال قم بإجراء التجربة الخاصة بذلك والموضحة في دليل التجارب.

لقد درس العالم هوك هذه العلاقة وتوصل من دراسته إلى القانون الآتي :

- **يتناسب مقدار الاستطالة في طول زنبرك تناسباً طردياً مع مقدار قوة الشد المؤثرة عليه في حدود مرونته.**

ويعبر عن ذلك رياضياً بالمعادلة الآتية :

$$ق = هـ \times \Delta ل \quad \ldots\ldots\ldots$$

حيث ق مقدار قوة الشد ، $\Delta ل$ مقدار الاستطالة ، هـ ثابت هوك.

ويعرف **ثابت هوك** بأنه : **مقدار القوة اللازمة لاحداث استطالة مقدارها ١ متر في الزنبرك، ويقاس بوحدة (نيوتن / م).**

■ **مثال ١** : احسب مقدار الاستطالة التي تحدثها قوة شد مقدارها ٤ نيوتن في طول زنبرك إذا كان ثابت هوك للزنبرك = ٢٠٠٠ نيوتن / م.

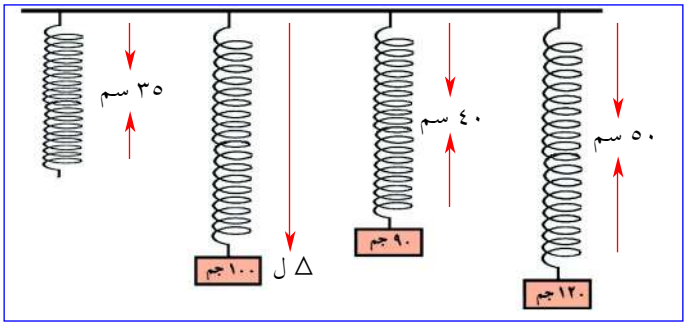
● **الحل** : من قانون هوك : $ق = هـ \times \Delta ل$

$٤ = ٢٠٠٠ \times \Delta ل \Leftarrow \Delta ل = ٠,٠٠٢$ متر.



el-online.net

■ **مثـال ٢ :** انظر إلى الشكل رقم ( ٧ )، ثم احسب مقدار الاستطالة في طول الزنبرك Δ ل ، وثابت الزنبركات هـ.




شكل ( ٧ )

ولكن إلى متى تستمر هذه العلاقة الطردية بين مقدار القوة ومقدار الاستطالة ؟

للإجابة عن هذا التساؤل قم بإجراء النشاط الآتـــي :

## نشاط ( ٧ ) :

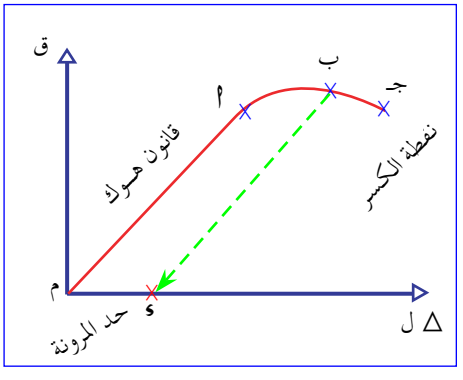
١ – خذ خيطاً من المطاط، ثم أثر عليه بقوة شد متوسطة، ولاحظ مقدار الزيادة في الطول .

٢ – أوقف عملية الشد على الخيط ولاحظ عودة الخيط إلى وضعه الاصلي تماماً .

٣ – ضاعف قوة الشد على الخيط بدرجة عالية، ولاحظ عدم تناسب الزيادة في طول الخيط مع الزيادة في مقدار قوة الشد .

٤ – أوقف عملية الشد على الخيط ولاحظ عدم عودة طول الخيط إلى الوضع الاصلي تماماً، حيث حدث تشوه في أبعاد الخيط .

٥ – ضاعف قوة الشد عدة مرات حتى تصل إلى حد انقطاع الخيط وعدم العودة نهائياً إلى الوضع السابق .




شكل ( ٨ ) : العلاقة البيانية لقانون هوك

ماذا تستنتج من هذا النشاط ؟

بالاستعانة بالرسم البياني في الشكل ( ٨ ) ستلاحظ :

١ – إن قـــانون هوك ينطبق على المرحلة



el-online.net

الأولى من تغير القوة والاستطالة في الجسم وهي مرحلة (م أ)، وفيها يكون الجسم تام المرونة ويعود إلى طوله الأصلي تماماً بعد زوال المؤثر.

٢ – المرحلة التالية (أ ب) من الرسم البياني في الشكل (٨) تقل مرونة الجسم وتتغير قيمة الاستطالة بتغير القوة بشكل غير منتظم.

٣ – يطلق على النقطة (ب) نقطة الاذعان، وهي: **النقطة التي عندها يبدأ الجسم بالسلوك غير المرن.**

٤ – يطلق على مقدار قوة الشد المؤثرة عند نقطة الاذعان بـ (حد المرونة)، ويعرف حد المرونة بأنه: **مقدار أقصى قوة يسلك عندها الجسم سلوكاً مرناً ويفقد بعدها خاصية المرونة.**

٥ – المرحلة (ب جـ) يفقد الجسم مرونته تماماً ولا يستطيع العودة إلى وضعه الأصلي إطلاقاً، وينقطع الجسم عند النقطة (جـ)، والتي تسمى نقطة القطع أو الكسر.

## الإجهـــاد والإنفعـــال
## Stress and Strain

في النشاط رقم (٧) خذ خيطين مختلفين في مساحة المقطع وأثر على كل منهما بنفس القوة.

- ماذا تلاحظ حول نتيجة هذا التأثير على كل من الخيطين.
- يسمى حاصل قسمة مقدار قوة الشد المؤثرة على الجسم ومساحة مقطع هذا الجسم (الإجهاد Stress).
- إذا أثرت قوة مقدارها **ق** نيوتن على سلك مساحة مقطعه **س** (متر$^{٢}$) فإن:

$$\text{مقدار الإجهاد الذي يتعرض له السلك} = \frac{\text{مقدار القوة المؤثرة على السلك}}{\text{مساحة مقطع السلك}}$$

$$\text{الإجهاد} = \frac{\text{ق}}{\text{س}} \quad \text{(نيوتن / م}^{٢}\text{)}.$$

ويطلق على وحدة القياس نيوتن / متر $^{٢}$ إسم "الباسكال" نسبة إلى العالم باسكال وتقديراً لجهوده في هذا المجال.

■ **مثال ١ :** تستخدم رافعة سلكاً فولاذياً مساحة مقطعه ٨ سم$^{٢}$، احسب مقدار اجهاد الشد الطولي الذي يتعرض له السلك عند رفع حاوية تزن (٤٠٠ ث طن) حيث (ع = ١٠ م/ث$^{٢}$).



el-online.net

● **الحـــل** : مقدار إجهاد الشد الطولي = $\frac{\text{مقدار قوة الشد}}{\text{مساحة مقطع السلك}} = \frac{\text{ك} \times \text{ء}}{\text{س}}$

الإجهاد = $\frac{١٠ \times ١٠٠٠ \times ٤٠٠}{٨ \times ١٠^{-٤}} = \frac{٤ \times ١٠^{٦}}{٨ \times ١٠^{-٤}}$

= ٥ × $١٠^{٩}$ نيوتن/م$^{٢}$ (باسكال) .

■ **مثال٢** : خزان كتلته ٢٠٠ كجم مثبت رأسياً على عمود مسلح مساحة مقطعه ٢م$^{٢}$، احسب مقدار إجهاد الإنضغاط الواقع على العمود، حيث ( ء = ١٠ م / ث$^{٢}$ ).

● **الحـــل** : إجهاد الانضغاط = $\frac{\text{قوة الضغط}}{\text{مساحة المقطع}} = \frac{\text{ك} \times \text{ء}}{\text{س}}$

الإجهاد = $\frac{٢٠٠ \times ١٠}{٢}$ = $٣١٠$ باسكال.

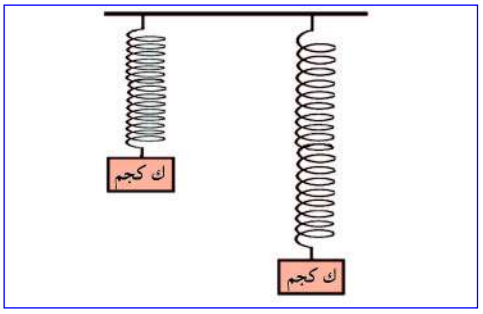
ماذا يسمى ناتج تأثير هذا الإجهاد على طول الجسم نسبة إلى طوله الاصلي؟

لتوضيح ذلك قم بإجراء النشـاط الآتـي :

**نشاط ( ٨ ) :**

١ – خذ زنبركين متساويين في مساحة المقطع وطول أحدهما ضعف طول الآخر، علق في كل من الزنبركين كتلة مساوية للأخرى ( ك كجم ) .

٢ – قس مقدار الاستطالة في كل منهما بعد التعليق.




شكل ( ٩ )

٣ – ماذا تلاحظ حول مقدار الاستطالة في كل من الزنبركين نسبة إلى الطول الأصلي لكل منها ؟

للتعبير عن التغير النسبي للاستطالة في طول جسم نسبة إلى طوله الأصلي يستخدم تعبير الانفعال ( Strain )، أي أن :

مقدار الانفعال الناتج في جسم عند تأثير إجهاد ما عليه = $\frac{\text{مقدار الاستطالة في الجسم}}{\text{طوله الأصلي}}$



el-online.net

**الانفعـــال** = $\frac{\Delta ل}{ل}$ حيث $\Delta ل$ الإستطالة في طول الجسم.

ما وحدة قياس الانفعال ..... لماذا ؟

■ **مثال٣** : أثرت قوة شد مقدارها ٤ نيوتن على سلك مساحة مقطعه ٠,٥ سم$^{٢}$ ، فزاد طوله من ١٢٠سم إلى ١٢٠,٦سم، احسب مقدار كل من الإجهاد والانفعال الطوليين في السلك.

● **الحـــل** : مقدار الاستطالة في السلك = ١٢٠,٦ − ١٢٠ = ٠,٦ سم = ٦ × ١٠$^{-٣}$ متر.

مساحة مقطع السلك = ٠,٥ سم$^{٢}$ = ٥ × ١٠$^{-٥}$ متر$^{٢}$ .

ق = ٤ نيوتن .

ل = ١٢٠سم = ١,٢ متر .

مقدار الإجهاد = $\frac{\text{مقدار القوة}}{\text{مساحة المقطع}}$ = $\frac{٤}{٥ \times ١٠^{-٥}}$ = ٨ × ١٠$^{٤}$ باسكال

مقدار الانفعال = $\frac{\Delta ل}{ل}$ = $\frac{٦ \times ١٠^{-٣}}{١,٢}$ = ٥ × ١٠$^{-٣}$

## معـامـل يونـج للمـــرونـــة
## Young Modulus

في النشاط رقم ( ٨ ) :

ماذا تلاحظ إذا غيرت مواصفات ونوع مادة الزنبرك ؟

قام العالم يونج بدراسة تمايز المواد من حيث خاصية المرونة واستخدم في سبيل ذلك عدة زنبركات من مواد مختلفة ، وتوصل من خلال ذلك إلى أن :

● **في مرحلة المرونة التامة للجسم يكون مقدار الانفعال الناتج في جسم متناسباً طردياً مع مقدار الاجهاد الواقع عليه.**

أي أن : **الاجهـــاد** = **ي** × **الانفعـــال**

حيث **ي** هو مقدار ثابت يسمى "**معامل يونج**" وهو يختلف من مادة إلى أخرى، ويعرف معامل يونج ( **ي** ) بأنه : **مقـدار الاجهـاد المؤثر على الجسم مقسوماً على مقدار الانفعال الناتج.**

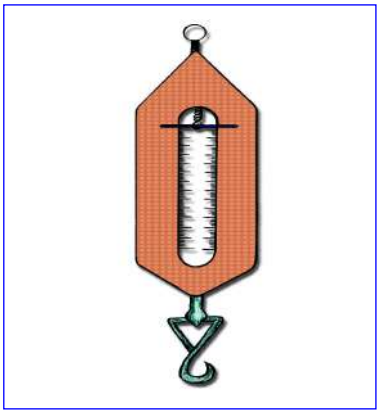


el-online.net

أي أن : $\text{ي} = \frac{\text{مقدار الاجهاد}}{\text{مقدار الانفعال}}$

$$\text{ي} = \frac{\text{ق}}{\text{س}} \div \frac{\Delta \text{ ل}}{\text{ل}} = \frac{\text{ق} \times \text{ل}}{\text{س} \times \Delta \text{ ل}}$$ باسكال .

## تطبيقات على خاصية المرونة في الحياة :



صورة ميزان زنبركي

جسر معلق

شكـــــل ( ١٠ )

١ – لماذا يتخذ حامل الجسر شكل أعمدة خرسانية أحياناً وسلسلة تعليق أحياناً أخرى .

٢ – ما نوع التمارين الرياضية التي تمارسها، وما فائدتها على عضلات جسمك .

٣ – إن خاصية المرونة في الأجسام الصلبة من الدراسات المهمة لمهندس الجسور حيث يلزم معرفة أقصى حمل يستطيع الجسر حمله ومواصفات المواد المصنوع منها الجسر والمرتكزات التي تحمل الجسر .

٤ – ومن التطبيقات المهمة لخاصية المرونة في حياتنا أنها تمكن عضلات الجسم على أداء مهامها بسهولة، ويلزم في سبيل ذلك أداء التمارين الرياضية المختلفة باستمرار للحفاظ على درجة عالية من مرونة العضلات وقدرتها الدائمة على أداء مهمتها بسهولة .

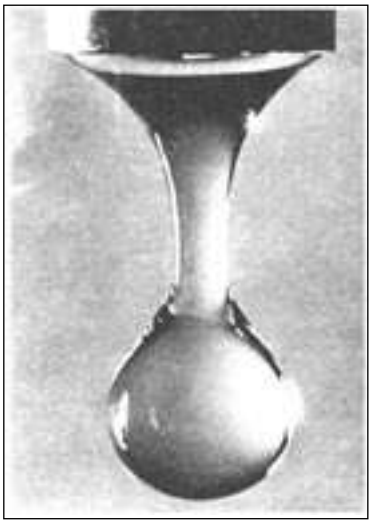


el-online.net

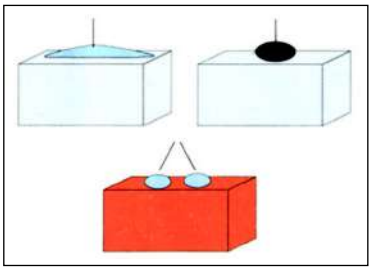
## خـــواص المـــوائـــع الســـاكنـــة
## Statistecal Properties of Floids

من دراستك السابقة للموائع :

- ما هي المـوائــع ؟ بماذا تخـتلف الموائع في تركـيبـهـا عن المواد الصلبـة؟ .. مـاذا نعني بالموائع الساكنة ؟
- إن تميُّز الموائع بعدم ثبات شكلها وتغيره بتغير الأناء الحاوي، بسبب قوى التماسك الضعيفة بين جزيئاتها نسبة إلى المواد الصلبة .منحها بعض الخواص في حالة السكون من أهمها : « **خـاصية التـوتـر السطحي** » .
- أذكـر بعض المشـاهدات في حـيـاتك على خاصية التوتر السطحي؟
- لماذا تخـتلف قـوة التـمـاسك بين جـزيئـات السـائل عند نقطة على سطح السائل عـنـهـا عن نقطة في باطن السائل ؟
- تعرف خاصية التوتر السطحي بأنها :



صورة قطرة ماء من صنبور

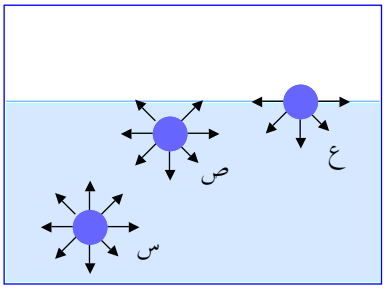


صورة قطرة ماء كروية على سطح

**شكل ( ١١ ) : خاصية التوتر السطحي في السوائل**

**● تأثير السائل على جزيئات سطحه بقوة شد عمودية تعمل على بقاء سطحه دائماً مشدوداً ومتوتراً .**

ولتـفـسـيـر سـبب ظـهـور تلك الـقـوة : ارسم شكـلاً يوضح قـوى الـتـمـاسك المؤثرة على عـدة جزيئات من سائل في مواقع مـخـتـلفة من السائل، كـمـا في الشكل رقم ( ١٢ )، فـإذا افـتـرضـنا الجزيء ( س ) يقع في باطن السائل بينما الجزيء ( ص ) يقع بالقرب من السطح والجزيء ( ع ) يقع على السطح مباشرة فإن قوة التماسك المؤثرة على الجزيء ( س )




شكل ( ١٢ ) : قوى التوتر السطحي



el-online.net

من جميع الاتجاهات بينما هي في الجزيء ( ص ) تؤثر على الجزيء في الاتجاه الأسفل أكثر منه في الاتجاه الأعلى، وفي الجزيء ( ع ) لا تؤثر أي قوة في الاتجاه نحو الأعلى.

وبالتدقيق في ذلك الاختلاف ستجد أن الجزيئات على سطح السائل تكون متأثرة بقوة شد إلى باطن السائل، وهي تعمل على إظهاره بشكل متوتر ومشدود وكأنه يعمل على تقليل السطح الظاهر منه وهذا ما يدفع قطرة المطر لاتخاذ الشكل الكروي.

ومن التطبيقات على تلك الظاهرة ( الخاصية الشعرية ) في الأنابيب الضيقة Adhesion Cabillarity .

- كيف يرتفع السائل في أنبوبة رفيعة ؟ ... ما الذي يرفع الغذاء من الأرض إلى أعلى أجزاء الشجرة ؟ .. ما المقصود بالخاصية الشعرية ؟ .. وما تفسيرها ؟
- للإجابة عن هذه التساؤلات : قم بإجراء النشاط الآتـــي :

## نشاط ( ٩ ) :

**الأدوات :** انبوبة معدنية / انبوبتين زجاجيتين / ماء / زئبق.

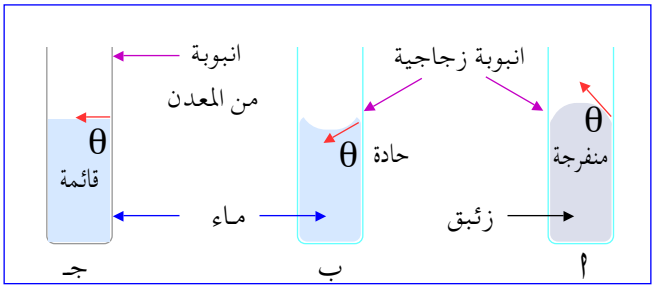
**الخطوات :**

١ – ضع في إحدى الأنبوبتين الزجاجيتين كمية من الماء وضع في الأنبوبة الأخرى زئبقاً.

٢ – ضع في الأنبوبة المعدنية كمية من الماء.

٣ – انظر إلى سطح السائل في كل من الأنابيب الثلاث من الجهة الجانبية.

- ما شكل سطح السائل في كل من الأنابيب الثلاث ؟
- ما نوع الزاوية المحصورة بين سطح السائل وجدار الأنبوبة في كل من الحالات الثلاث ؟
- إن ما تلاحظه في ذلك ( النشاط ) سيقودك إلى ما يأتي :




شكل ( ١٣ )



el-online.net

١ – عندما يصنع سطح السائل زاوية التصاق منفرجة مع جدار الأنبوبة الضيقة فإن قوى إلتصاق جزئيات سطح السائل مع جزيئات جدار الأنبوبة تكون أصغر من قوى التماسك بين جزيئات السائل نفسه، ويتخذ سطح السائل شكلاً محدباً، كما في الشكل ( ١٣– أ ).

٢ – عندما يصنع سطح السائل زاوية التصاق حادة مع جدار الأنبوبة يكون مقدار قوى الالتصاق بين جزيئات السائل وجزيئات الانبوبة أكبر من قوى التماسك بين جزيئات السائل نفسه ويتخذ سطح السائل شكلاً مقعراً إلى أسفل كما بالشكل ( ١٣–ب )

٤ – عندما يصنع سطح السائل زاوية التصاق قائمة مع جدار الأنبوبة تكون القوتان متساويتان ويتخذ سطح السائل شكلاً مستوياً كما في الشكل ( ١٣–جـ ).

٥ – ولحساب مقدار تلك القوة العمودية التي يؤثر بها سائل على جزيئات سطحه تستخدم العلاقة الآتية :

معامل التوتر السطحي للسائل ( γ ) = $\frac{\text{ل} \times \text{نق} \times \text{ث} \times \text{ء}}{٢ \text{ جتا} \theta}$

حيث γ هو معامل التوتر السطحي للسائل ويعرف بأنه :

( مقدار القوة التي تؤثر عموديا على جزيئات سطح السائل وفي اتجاه المماس عند تلامسه مع الجدار، لتتزن حركتها الموازية للجدار مع قوة وزن السائل إلى أسفل ).

ووحدة قياسه هي كجم / ث٢ .

و( ل ) ارتفاع السائل في الأنبوبة ( بالمتر )، ونق : نصف قطر الأنبوبة ( م ) و ء : عجلة الجاذبية الأرضية و( ث ) كثافة السائل ( كجم/م٣ )

■ **مثال :** إحسب مقدار معامل التوتر السطحي للماء إذا علمت أن الماء يرتفع مسافة ٢٠سم في انبوبة شعرية زجاجية نصف قطرها ٠,٠١سم ، علماً بأن كثافة الماء هي ١٠٣ كجم/م٣، وعجلة الجاذبية الأرضية = ١٠م / ث٢ ، θ = صفر .

● **الحل :** γ = $\frac{\text{ل} \times \text{نق} \times \text{ث} \times \text{ء}}{٢ \text{ جتا} \theta}$

γ = $\frac{٠,٢ \text{ (م)} \times ١٠^{-٤} \text{ (م)} \times ١٠^{٣} \text{ (كجم/م}^{٣}\text{)} \times ١٠ \text{ (م/ث}^{٢}\text{)}}{٢ \times ١}$

= ٠,١ كجم / ث٢ .



el-online.net

## تطبيقات عملية على الخاصية الشعرية :

إن قوة التوتر السطحي المؤثرة عمودياً على جزيئات سطح السائل تعمل على دفع السائل في الأنابيب الضيقة من أسفل إلى أعلى ضد قوة وزن السائل.

وتسمى هذة الخاصية الخاصية الشعرية، ومن أهم التطبيقات العملية عليها :

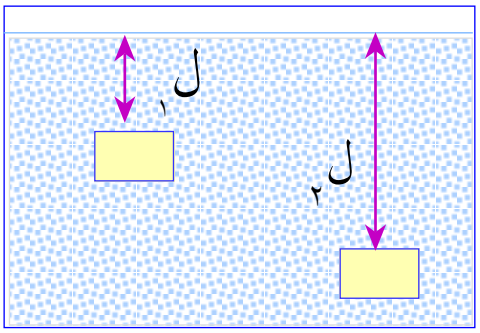
١ – انتقال الكيروسين في فتيلة الفانوس واستمرار هذا الانتقال خلال الأنابيب الضيقة بين خيوط الفتيلة مهما نقص مستوى ارتفاع الكيروسين حتى ينفذ نهائياً فتتوقف عملية الارتفاع.

٢ – انتقال المواد الغذائية السائلة من التربة إلى الأجزاء العليا للشجرة.

## الضغط في السوائل
## Pressure In Liquids

من خلال دراستك السابقة لضغط السوائل وانتقال هذا الضغط إلى كل نقطة في السائل بنفس المقدار.

- ما تأثير تغير عمق الجسم على مقدار ضغط السائل ؟
- لمعرفة ذلك افرض جسم مكعب، ومغمور في سائل كثافته ث كجم/م$^{٣}$ وعلى عمق ل$_{١}$ من سطح السائل، وجسم آخر على عمق ل$_{٢}$ من سطح السائل.



شكل ( ١٤ ) : ضغط السائل يزداد بزيادة ارتفاعه

من تعريف ضغط السائل فإن :

السطح العلوي للجسم الأول يتأثر بضغط مقداره :

ض$_{١}$ = ل$_{١}$ × ث × ء .

ويتضح من ذلك أن ضغط السائل يزداد بزيادة عمق الجسم، فيكون ض$_{٢}$ عند السطح العلوي للجسم الثاني عند عمق ل$_{٢}$ :

ض$_{٢}$ = ل$_{٢}$ × ث × ء.



el-online.net

■ **مثال** : يسبح رجلان على عمق ٢ متر، ٣ متر من سطح البحر، كم يكون مقدار ضغط ماء البحر على كل من الرجلين، علماً بأن كثافة ماء البحر تساوي ١٢٠٠ كجم/م$^{٣}$ وعجلة الجاذبية ١٠م/ث$^{٢}$ .

● **الحل** : مقدار ضغط ماء البحر على الرجل الأول = ل$_{١}$ × ث × ء

ض$_{١}$ = ٢ × ١٢٠٠ × ١٠ = ٢٤٠٠٠ باسكال .

مقدار ضغط ماء البحر على الرجل الثاني = ل$_{٢}$ × ث × ء

ض$_{٢}$ = ٣ × ١٢٠٠ × ١٠ = ٣٦٠٠٠ باسكال .

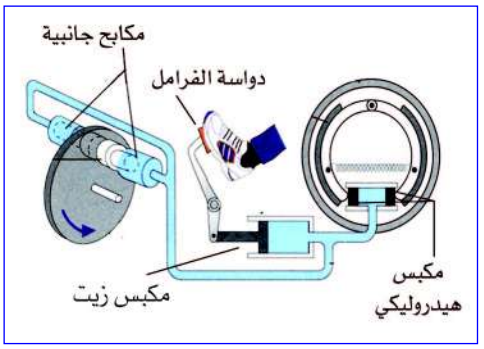
## تطبيقات على انتقال ضغط السائل :

### ١ – مكابح التوقف في السيارة Hydrolic Break :

من مشاهداتك اليومية لاحظت قدرة سائق سيارة مسرعة على إيقافها فجأة رغم سرعتها العالية، كيف يحدث ذلك ؟ .. ما الآلة القوية التي أوقفتها بتلك السهولة ؟ .. ما سر عمل هذه الآلة ؟

**نشاط ( ١٠ ) :**

- قم مع مجموعة من زملائك بزيارة لإحدى ورش إصلاح السيارات واطلب من مهندس ميكانيكي شرح تركيب وآلية عمل مكابح إيقاف السيارة .
- دون ملاحظاتك عن تركيب وفكرة عمل مكابح السيارة والتي يمكن ملاحظتها في الرسم في الشكل رقم ( ١٥ ) المقابل .




شكل ( ١٥ ) : رسم توضيحي لمكابح السيارة



el-online.net

## الضغـــط الجـــــوي
## Atmospher

تذكر أن للهواء المحيط بنا وزناً، وأن قوة وزن الهواء تسبب على أجسامنا ضغطاً.

- ماذا تسمي هذا الضغط ؟
- يعرف الضغط الجوي على جسم بأنه وزن عمود الهواء الممتد رأسياً من الجسم إلى نهاية الغلاف الجوي المؤثر عمودياً على مساحة مقدارها ١ م$^{٢}$ .
- ولكن كيف يتغير مقدار الضغط الجوي ؟ .. ما العوامل التي يتوقف عليها ؟
- للإجابة عن تلك التساؤلات قم بإجراء النشاط الآتـي :

### نشاط ( ١١ ) :

- قم أنت وزملاءك بزيارة إلى هيئة الأرصاد اليمنية واطلب صورة من نشرة الأحوال الجوية التي تسجل قيم الضغط الجوي في أماكن مختلفة الارتفاع عن مستوى سطح البحر وفي أوقات مختلفة من السنة وعند درجات حرارة مختلفة.
- استخدم جدولاً كالمبين أدناه لتسجيل تلك البيانات، عبر عن تلك البيانات بواسطة رسم بياني لتغير مقدار الضغط الجوي بتغير كل من العوامل الآتية :

١ – الارتفاع عن سطح البحر شكل ( ١٦ أ )

٢ – درجة الرطوبة شكل ( ١٦ ب )

٣ – درجة الحرارة. شكل ( ١٦ جـ)

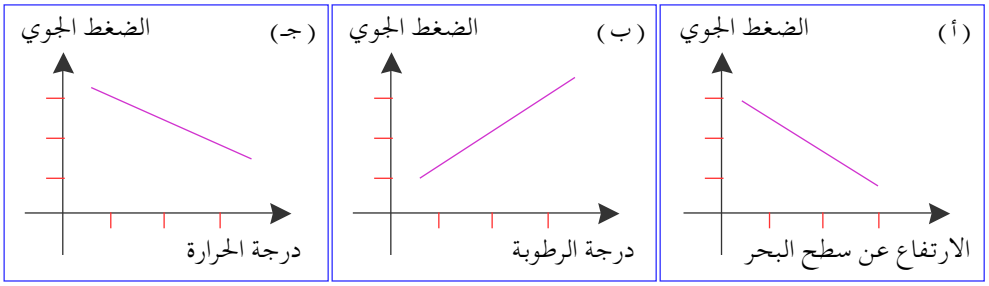
| المتغير / المكان | صنعاء | عدن | إب | تعز | حضرموت | المحويت | الحديدة | شبوة |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| درجة الحرارة | | | | | | | | |
| الرطوبة | | | | | | | | |
| الارتفاع | | | | | | | | |
| الضغط الجوي | | | | | | | | |

جدول ( ١ )



el-online.net

■ قارن بين النتائج التي حصلت عليها والأشكال المبينة في الرسم أدناه :




شكل ( ١٦ )

## قياس الضغط الجوي

سبق لك دراسة استخدام أجهزة القياس الخاصة بقياس الضغط الجوي، فما هو الجهاز الذي يستخدم بسهولة في قياس الضغط الجوي ؟.. وما هي وحدات قياس الضغط الجوي الأكثر استعمالاً ؟

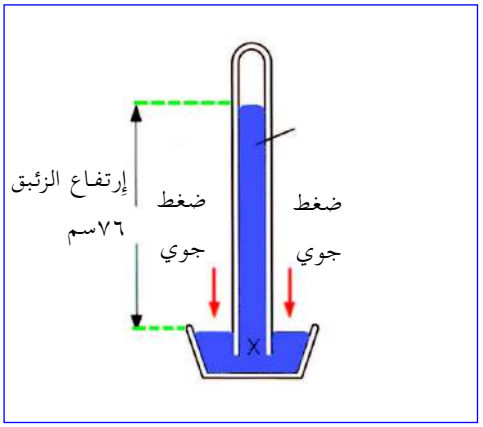
قام العالم الإيطالي تورشيللي بتجارب قياس الضغط الجوي وتوصل منها إلى أن الضغط الجوي عند نقطة على سطح البحر يوازي تماماً وزن عمود من الزئبق طوله ٧٦سم ومساحة مقطعه ١سم٢ .

وبناء على ذلك قامت فكرة صناعة جهاز البارومتر الزئبقي المستخدم في قياس مقدار الضغط الجوي.

### تركيب البارومتر الزئبقي :

انظر إلى الرسم التفصيلي لجهاز البارومتر الزئبقي الذي قام باستخدامه العالم تورشللي في تجربته حول الضغط الجوي في شكل رقم ( ١٧ )، مم يتركب البارومتر الزئبقي ؟

ستلاحظ تكون عمود من الفراغ على الأنبوبة يتغير طوله بتغير مقدار




شكل ( ١٧ ) : البارومتر الزئبقي



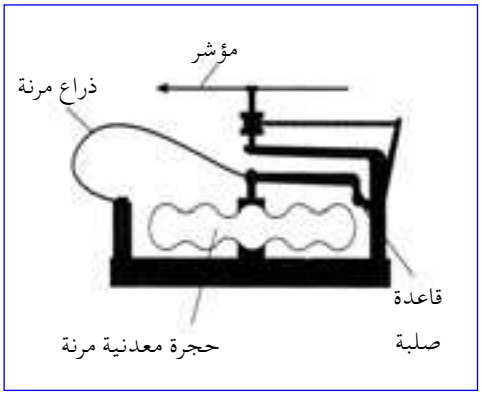
el-online.net

الضغط الجوي ولذلك يستخدم في قياس مقدار الضغط الجوي.

ولكن كما تلاحظ يصعب استخدامه في القياس . لماذا ؟

## تركيب البارومتر المعدني :

يتركب البارومتر المعدني كما هو موضح في الشكل المقابل من غرفة معدنية مرنة مفرغة من الهواء وبإمكانها التحرك إلى أعلى وإلى أسفل عند تغير الضغط الجوي، ويتصل بالغرفة المعدنية زنبرك قوي يمنع تحطمها يتصل بحلقة وذراع ومؤشر يشير إلى تدريج، وعند زيادة الضغط الجوي تندفع الغرفة المرنة إلى أسفل، وعند نقص الضغط تندفع إلى أعلى فيتحرك الزنبرك والذراع أو المؤشر ليقرأ مقدار الضغط الجوي على التدريج، وتستخدم وحدات قياس مختلفة لقياس الضغط الجوي منها : الباسكال – البار – الملي بار.




شكل ( ١٨ ) : البارومتر المعدني

كما يستخدم الضغط الجوي العياري ( ٧٦سم زئبق ) كوحدة عملية لقياس مقدار الضغط.

## قاعدة أرشميدس وقانون الطفو
### Archemids Prencple for flooting

- ما الذي يساعد السفن العملاقة على أن تطفو فوق سطح البحر دون أن تغوص ؟
- ما الذي يحمل البالون الضخم على الصعود في الهواء عند امتلائه بغاز الهيدروجين؟

### نص قاعدة أرشميدس :

**● إذا غمر جسم في سائل جزئياً أو كلياً فإنه يلقى دفعاً من أسفل إلى أعلى يساوي مقدار وزن السائل المزاح بواسطة الجسم المغمور فيه.**



el-online.net

ولتحقيق ذلك رياضياً افترض جسماً مكعباً مغموراً في باطن سائل كما في الشكل رقم ( ١٩ ) وعليه يمكن ملاحظة :

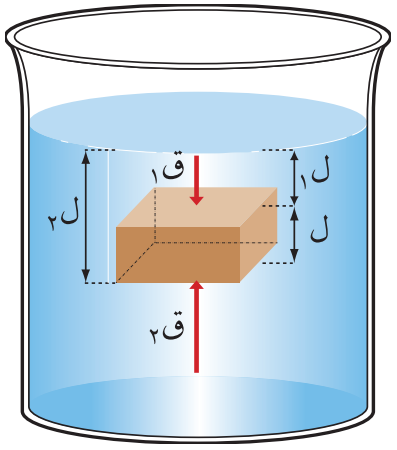
القوة المؤثرة عى السطح العلوي للمكعب = وزن السائل فوق المكعب

ق١ = ل١ × ث × ء × س إلى أسفل.

حيث ث كثافة السائل.

بالمثل القوة المؤثرة على السطح السفلي للمكعب :

ق٢ = ل٢ × ث × ء × س إلى أعلى.



شكل ( ١٩ ) : الطفو

يلاقي الجسم قوة دفع هي محصلة القوتين المذكورتين أعلاه :

قوة الدفع = ق٢ – ق١

= ( ل٢ – ل١ ) × س × ث × ء

= ل س × ث × ء

قوة دفع السائل = ح × ث × ء = ك × ء

∴ قوة دفع السائل = وزن السائل المزاح

حيث : ح حجم السائل المزاح ، وك كتلة السائل المزاح، واذا كان الجسم طافياً فإن قوة دفع السائل تساوي وزن الجسم الطافي وبالتالي يكون :

وزن الجسم الطافي = وزن السائل المزاح

## تطبيقات :

- إن هذه القاعدة هي التي توضح أن قوة دفع الهواء من أسفل إلى أعلى بالنسة للبالون المملوء بالهيدروجين تكون أكبر من وزن البالون والهيدروجين، وبالتالي ترفع هذه القوة البالون إلى أعلى في الهواء.
- كذلك فإن تلك القوة هي التي ترفع السفينة وتجعلها تطفو فوق سطح البحر وتسير فوقه بأمان، طالما كان مجموع الأحمال التي تحملها أقل من قوة دفع الماء للسفينة، من أسفل إلى أعلى وهو يساوي وزن حجم الماء المساوي للجزء المغمور من السفينة ويجب أن يؤخذ ذلك بعين الاعتبار عند صناعة السفينة.



el-online.net

# تقويم الوحدة

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :**

**س١ : وضح المقصود بالمفاهيم الآتية :**

( إجهاد الشد ، معامل المرونة ، نقطة الإذعان ، حد المرونة ، الضغط الجوي ، الخاصية الشعرية ) .

**س٢ : املأ ا لفراغات في الجمل الآتية بما يناسبها :**

١ – ترتبط جزيئات المادة الواحدة بقوى تماسك ، تكون كبيرة جداً في ..... وتكون أقل في السوائل و ..... في الغازات .

٢ – معامل يونج يساوي النسبة بين ..... و.....

٣ – تحافظ قطرة زئبق على شكل كرة عند وضعها على لوح زجاجي بسبب .....

٤ – عند التأثير على جسم بإجهاد عالي جداً تصل إلى نقطة ..... والتي عندها لا يعود الجسم إلى وضعه الأصلي عند زوال المؤثر .

**س٣ : ضع إشارة ( ✓ ) أمام أنسب عبارة مما يأتي :**

١ – قوى التماسك بين جزيئات المادة الصلبة تسمح لها بأن :

- ☐ تتحرك حركة اهتزازية .
- ☐ تتحرك حركة انتقالية .
- ☐ تتبادل مواقعها داخل المادة .
- ☐ تنتشر في جميع أجزاء المكان .

٢ – يلقى الجسم المغمور في السائل قوة دفع من أسفل إلى أعلى تساوي :

- ☐ وزن الجسم المغمور .
- ☐ وزن السائل المزاح .
- ☐ وزن السائل في الإناء الحاوي .
- ☐ وزن الهواء المساوي لحجم الجسم المغمور .



el-online.net

**س٤ : علل مـا يـأتـي :**

١ – للأجسام الصلبة شكل وحجم ثابتين، وعدم ثباتها في الغازات .

٢ – تزداد قيمة الضغط الجوي بزيادة نسبة الرطوبة .

٣ – لا يفضل استخدام البارومتر الزئبقي في قياس الضغط الجوي .

٤ – عند تعليق حلقة معدنية بها غشاء صابون وخيط ثم ثقب الغشاء داخل الخيط يشتد الخيط مكوناً دائرة .

**س٥ : بالاستعانة بمعلمك وبالاشتراك مع بعض زملائك ، قم بإجراء تجربة عملية لتوضيح بيانياً تغير مقدار قوة الشد على زنبرك ومقدار الاستطالة في طوله ، حدد على الرسم البياني كل من مرحلة :**

( قانون هوك / حد المرونة / نقطة الإذعان / نقطة التصدع ) .

**س٦ : اشرح تجربة عملية توضح بها صحة قاعدة أرشميدس .**

**س٧ : أذكر بعض أهم التطبيقات العملية على قاعدة أرشميدس .**

**س٨ : اذكر أهم العوامل التي يتوقف عليها مقدار الضغط الجوي .**

**س٩ : حل المسـائل الآتيـة :**

١ – احسب مقدار قوة الشد اللازم تأثيرها على سلك معدني مساحة مقطعه ٠,٢ سم٢ وطوله ٦٠ سم ليزداد طوله بمقدار ٠,٥ سم علماً بأن معامل يونج لمادة السلك = ١,٢ × ١٠ ^٣١ نيوتن/م٢ .

٢ – غمر جزء من أنبوبة زجاجية رفيعة نصف قطرها ٠,٢ سم عمودياً في إناء به ماء، كم سيرتفع الماء في الانبوبة إذا كانت د = ١٠ م/ث٢ ، وكثافة الماء = ١٠ ^٣ كجم /م٣ ، ٨ = ٠,٤ كجم/ث

**س١٠ : اشرح مستعيناً بالرسم تركيب وفكرة عمل كل من :**

١ – مكابح التوقف في السيارة .

٢ – البارومتر المعدني .



el-online.net

# الوحدة الرابعة

# الشغـــل والقـــدرة والطـاقـــة
# Work, Power, and Energy

( الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخـرى ).

## أهـداف الـوحـدة :

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :**

١ – تعرف المفاهيم الفيزيائية الآتية :
( الشغل – القدرة – الطاقة – طاقة الوضع – طاقة الحركة – حفظ الطاقة – الدفع – كمية التحرك – التصادم ) .

٢ – توضح العلاقة بين كل من الشغل والطاقة والعلاقة بين طاقتي الوضع والحركة .

٣– تفرق بين أنواع التصادم .

٤ – تذكر تحولات الطاقة من حالة إلى أخرى في بعض الأمثلة البسيطة .

٥ – توضح العلاقة بين الدفع وكمية التحرك وبقاء كمية التحرك .

٦ – تستخدم القوانين الواردة في الوحدة بعد اشتقاقها في حل المسائل ذات العلاقة .



el-online.net

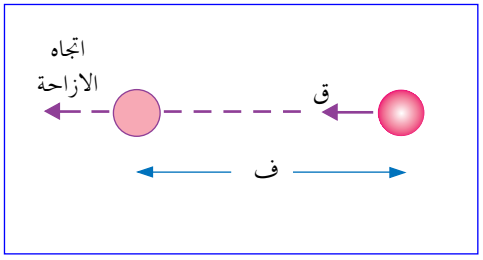
لقد درست مفاهيم الشغل والقدرة والطاقة في الصفوف الدراسية السابقة بشكل مبسط تحقيقاً لأهداف تلك المرحلة ومتمشياً مع مستوياتها، وفي هذه الوحدة سندرس وبشكل أوسع مفاهيم الشغل بأنواعه المختلفة، ومفهوم القدرة وتطبيقات رياضية عليها والعلاقة بين الشغل والطاقة، وتحول الطاقة من صورة إلى أخرى، وقوانين الدفع وكمية التحرك والتصادم واشتقاق القوانين المتعلقة بالمفاهيم سابقة الذكر التي ستمكنك من حل بعض المسائل المتعلقة بالمفاهيم المختلفة.

## الشغـــــل Work

الشغل مفهوم واسع نقوم به في حياتنا اليومية بشكل مجهود عضلي أو عقلي، ولكن الشغل بالمعنى الفيزيائي لا يتحقق إلا بوجود قوة تؤثر على جسم وتزيحه في اتجاهها، وبدون هذا لا يعتبر شغلاً بالمعنى الفيزيائي.

إذا أثرت قوة ($\overleftarrow{ق}$) على جسم في مستوى أفقي وأزاحته مسافة معينة ($\overleftarrow{ف}$) في اتجاهها كما في الشكل (١) فإن:

الشغل (شغ) = القوة المؤثرة ($\overleftarrow{ق}$) × الإزاحة ($\overleftarrow{ف}$).



شكل (١)

شغ = $\overleftarrow{ق}$ . $\overleftarrow{ف}$ (نيوتن . متر)

من المعادلة السابقة نجد أن الشغل يتناسب مع القوة المؤثرة تناسباً طردياً أي أن الشغل يزداد بزيادة القوة.

ومن المعادلة أيضاً نجد أن الشغل يعتبر كمية قياسية – أي أنه ليس له اتجاه، لأن حاصل ضرب كميتين متجهتين ($\overleftarrow{ق}$ . $\overleftarrow{ف}$) ضرباً قياسياً = كمية قياسية وبذلك يكون الشغل : شغ = ق ف

وحدة الشغل في النظام الدولي **نيوتن . متر** ولقد أطلق على هذه الوحدة اسم جول تكريماً للعالم البريطاني "جيمس جول" (١٨٨٩–١٩١٨)، ويعرَّف الجول بأنه:

- **مقدار الشغل الذي تبذله قوة مقدارها واحد نيوتن عندما تؤثر على جسم فتزيحه متر واحداً في اتجاهها.**



el-online.net

وللشغل وحدات أصغر تسمى الإرج في نظام ( سم . جم .ث )

القوة = ١ داين ، ومقدار الإزاحة = ١ سم ، فإن الشغل ( شغ ) = ١ داين × ١سم

= ١( داين .سم )، حيث يطلق على وحدة الشغل ( داين .سم ) بالإرج.

في ضوء تعريفك للجـــول عرِّف الإرج.

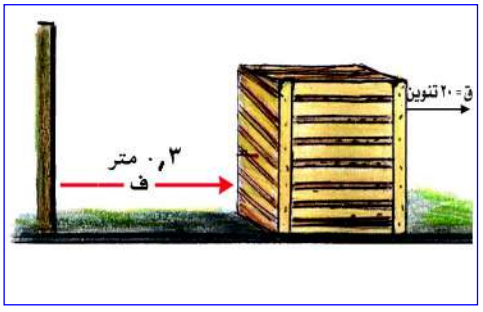
ويمكن اشتقاق العلاقة بين الجول والإرج كالتـالـــي :

١ جول = ١ نيوتن . متر = ١كجم.متر/ث$^{٢}$ . متر

= ١٠٠٠ جم ×١٠٠ سم/ث$^{٢}$ × ١٠٠سم

= ١٠$^{٧}$ جم.سم/ث$^{٢}$ . سم = ١٠$^{٧}$ داين . سم = ١٠$^{٧}$ إرج.

■ **مثال١ :** في الشكل ( ٢ )، إذا أثرت قوة مقدارها ٢٠ نيوتن على صندوق موضوع في مستوى أفقي أملس فأزاحته مسافة ٠,٣ من المتر في اتجاهها، ما مقدار الشغل المبذول؟




شكل ( ٢ )

● **الحـــل :** ∴ القـــوة ( ق ) = ٢٠ نيـــوتن

مقدار الإزاحة الحادثة للصندوق :

ف = ٠,٣ متر

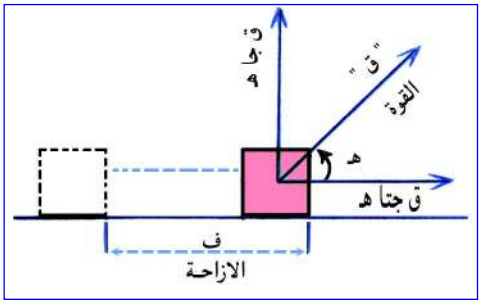
بتطبيق قانون الشغل في مستوى أفقي أملس نجد أن الشغل المبذول :

شغ = ق × ف

= ٢٠ نيوتن × ٠,٣ متر = ٦ ( جول )

## ● الشغل تحت تأثير قوة تميل على السطح :

ما سبق ينطبق على جسم يتحرك تحت تأثير قوة وفي خط مستقيم ولكن إذا كانت القـــوة المؤثرة على الجـــسم تميل بزاوية مـقـدارها ( هـ ) مع اتجاه الازاحـة كـمـا الشكل ( ٣ ).




شكل ( ٣ )

كيف تحسب الشغل في هذه الحالة ؟

في مثل هذه الحالة نحلل القوة إلى مركبتين :



el-online.net

١ – مركبة موازية لاتجاه الحركة مقدارها : ق جتاهـ

٢ – مركبة عمودية على اتجاه الحركة مقدارها : ق جاهـ

ينتج الشغل المبذول في هذه الحالة من تأثير القوة الموازية للإزاحة :

الشغل ( شغ ) = $\overleftarrow{ق}$ . $\overleftarrow{ف}$

= ق . ف جتاهـ

وهذه هي الصورة العامة للشغل الذي تقوم به قوة ( $\overleftarrow{ق}$ ) تسبب إزاحة ( $\overleftarrow{ف}$ ) في اتجاهها .

■ **مثـال ١ :**

أثرت قـوة على جـسم مـقـدارها ٢٠ نيـوتـن وفي اتجـاه يصنع زاوية قـدرها ٦٠° مع المستوى الأفقي، احسب مقدار الشغل المبذول، لإزاحة الجسم مسافة ٢ متر من ا إلى ب على سطح أملس، كما في الشكل ( ٤ ) .

● **الحـــل :**

القـــــوة = ٢٠ نيوتن

الإزاحـــة = ٢ متر

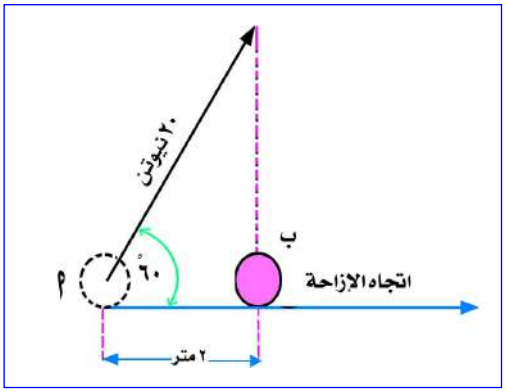
زاوية الميل = ٦٠°

الشغـــــــل ( شغ ) = ق . ف جتاهـ

= ٢٠ نيوتن × ٢ متر × جتا ٦٠°

= ٢٠ × ٢ × $\frac{١}{٢}$

= ٢٠ نيوتن . متر = ٢٠ جول




شكل ( ٤ )

**نشـــاط :**

■ في المثال السابق أوجد الشغل عند هـ = ٣٠° ، ٤٥° ، ٩٠° ، صفر.

## ● شغل قوة الاحتكاك ( شغ ح ) Work of Friction :

في صفوف سابقة عرفت أن الجسم عندما يتحرك على سطح خشن فإن هناك قوة تعمل على إعاقته .

- ماذا تسمى هذه القوة؟
- في أي حالة من حالات تحرك الجسم يزداد الشغل، هل في أثناء تحركه على سطح خشن أم على سطح أملس؟



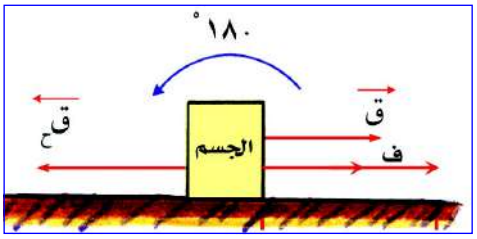
el-online.net

انظر إلى الشكل ( ٥ )، في أي اتجاه تكون قوة الاحتكاك؟

إذا كان الشغل الذي تبذله القوة ( $\overleftarrow{ق}$ ) على الجسم الموضوع في مستوى أفقي خشن يساوي ( ق ف جتاهـ) فإن :

شغل قوة الاحتكاك : شغ$_{ح}$ = ق$_{ح}$ ف جتا هـ ، علماً بإن هـ = ١٨٠°

شغ$_{ح}$ = – ق$_{ح}$ ف



شكل ( ٥ )

ماذا تعني الإشارة السالبة؟

تعني :

١- أننا بحاجة إلى بذل شغل لتحريك الجسم في اتجاه القوة التي تزيحه للتغلب على قوة الاحتكاك.

٢ – شغل قوة الاحتكاك دائماً سالب لأن قوة الاحتكاك عكس اتجاه الإزاحة.

إذاً الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك = ق$_{ح}$ × ف

■ **مثال ١** : وضعت قطعة من الخشب على سطح أفقي خشن، فإذا كانت قوة الاحتكاك بين قطعة الخشب والمستوى الأفقي ٦ نيوتن، فكم يكون مقدار الشغل المبذول لتحريك القطعة مسافة ٢٠ متر.

● **الحل** : القوة المطلوبة لتحريك الجسم = القوة المطلوبة للتغلب على قوة الاحتكاك

= ٦ نيوتن

الشغل المبذول ( شغ ) = ٦ نيوتن × ٢٠ متر = ١٢٠ جول .

## ● شغل قوة الجاذبية ( شغ$_{ج}$ ) Gravity Work :

عرفت فيما سبق أن : شغ = $\overleftarrow{ق}$ . $\overleftarrow{ف}$ ، وإذا أثرت قوة الجاذبية على جسم فحركته في نفس اتجاهها، فإنها تنجز شغلاً ميكانيكياً يعطي بالعلاقة التالية :

شغل قوة الجاذبية = قوة الجاذبية × الإزاحة الرأسية.



el-online.net

شغ$_{ء}$ = ق$_{ء}$ . ف

شغ$_{ء}$ = ق$_{ء}$ ف جتا هـ

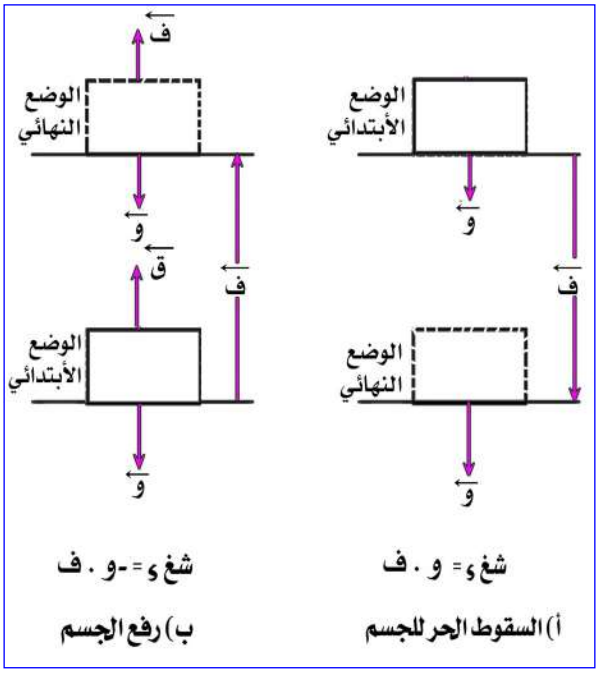
∵ ق$_{ء}$ = و = ك ء

∴ شغ$_{ء}$ = و ف جتا هـ

= ك ء ف جتا هـ

عندما يسقط الجسم نحو الأسفل كما في الشكل ( ٦–أ ) تكون الإزاحة في نفس اتجاه قوة الجاذبية، أي أن هـ = ٠

شغ$_{ء}$ = ك ء ف ( ويكون الشغل موجباً ) ويعني ذلك أن الجسم بذل شغلاً .



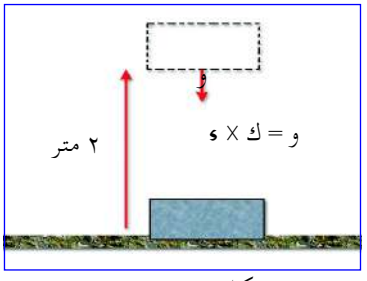

شكل ( ٦ )

وعند رفع الجسم نحو الأعلى كما في الشكل ( ٦–ب ) تكون الإزاحة عكس اتجاه الجاذبية أي أن : هـ = ١٨٠°

شغ$_{ء}$ = –ك ء ف ( ويكون الشغل سالباً )، ويعني ذلك أنه بُذل شغل على الجسم .

■ **مثال ١** :احسب مقدار الشغل اللازم بذله لرفع كتلة مقدارها ٤ كجم إلى ارتفاع ٢ متر بسرعة ثابته علماً بأن عجلة الجاذبية ( ء ) = ٩,٨ متر / ثانية$^{٢}$ .

● **الحل :**




شكل ( ٨ )

كتلة الجسم = ٤ كجم

ء = ٩,٨م / ث$^{٢}$ ، الإزاحة = ٢ متر

∵ الجسم رفع بسرعة ثابتة .

∴ جـ = صفر

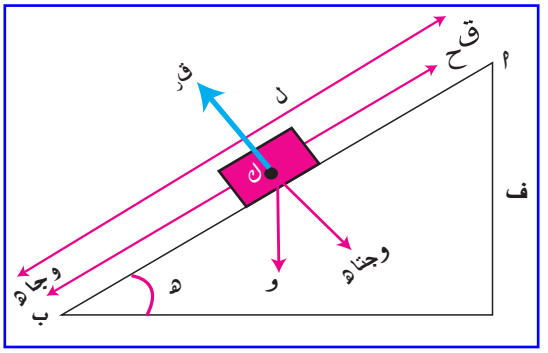
∴ الشغل اللازم لرفع الجسم = شغل الجاذبية :

شغ$_{ء}$ = ك ء ف = ٤ كجم × ٩,٨ م / ث$^{٢}$ × ٢ متر = ٧٨,٤ جول



el-online.net

## شغل قوة الاحتكاك لجسم يتحرك على سطح مستوى مائل خشن :




شكل ( ٩ )

– الحركة على مستوى مائل حالات كثيرة سنختار أبسطها وهي : انزلاق جسم على مستوى مائل خشن بسرعة منتظمة بفعل قوة الجاذبية كما في الشكل ( ٩ )، فعندما ينزلق جسم كتلته ك من الموضع (ا) إلى الموضع ( ب ) على المستوى المائل يكون :

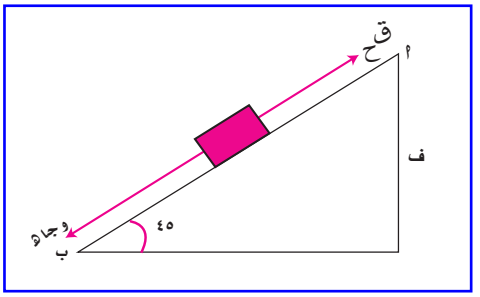
ق ح = و جا هـ ، لأن السرعة منتظمة ، جـ = ٠

∴ شغل قوة الإحتكاك = ق ح × ل = و جا هـ × ل

حيث ل هي طول المستوى المائل، ق ح قوة الإحتكاك، ( و ) وزن الجسم المنزلق و = ك × ء

■ **مثال ١ :**

في الشكل ( ١٠ ) ينزلق جسم كتلته ٤٠ كيلو جرام على مستوى مائل طوله ٨ متر، ويميل بزاوية مقدارها ٤٥ مع المستوى الأفقي. أحسب الشغل الذي تبذله قوة الاحتكاك.




شكل ( ١٠ )

● **الحل :**

كتلة الجسم المنزلق = ٤٠ كجم.

الإزاحة التي قطعها = طول المستوى المائل = ٨ متر.

شغل قوة الاحتكاك = و جا هـ × ل

= ك × ء × جاهـ × ل

= ٤٠ × ٩,٨ × جا ٤٥ × ٨ = ٢٢١٧,٥ جول

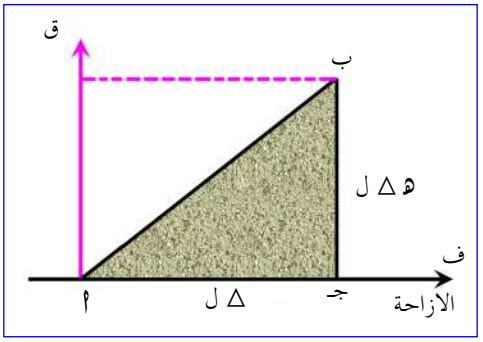


el-online.net

## ● شغل قوة المرونة ( شغ ر ) Elasticity Work :

من دراستك لقانون هوك عرفت أن قوة الشد ( $\overleftarrow{ق}$ ) على النابض = هـ $\Delta$ ل حيث هـ ثابت النابض ( ثابت التناسب بين قوة الشد والاستطالة )، $\Delta$ ل مقدار الاستطالة .

ولحساب شغل قوة المرونة فإننا نقوم بعمل رسم بياني يمثل منحنى القوة المؤثرة على النابض بدلالة الاستطالة فنحصل على الشكل ( ١١ )، حيث يمثل المثلث ا ب جـ شغل قوة المرونة وهي المساحة تحت المنحنى، ق قوة الشد، $\Delta$ل الاستطالة .




شكل ( ١١ )

∵ المنحنى عبارة عن مثلث فإن :

شغل قوة المرونة = مساحة المثلث ا ب جـ

$= \frac{١}{٢}$ $\Delta$ ل ( الاستطالة ) × ق

لكن ق = هـ $\Delta$ ل

شغل قوة المرونة = $\frac{١}{٢}$ هـ $\Delta$ ل$^{٢}$ .

■ **مثال ١** : احسب شغل قوة المرونة لنابض، إذا علمت أن ثابت النابض ١٠٠٠ نيوتن/م إذا أثرت عليه قوة فأدت إلى زيادة طوله ٠,٢٥ م .

● **الحل :**

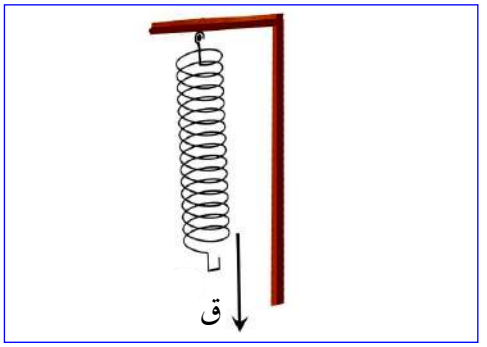
∵ شغل قوة المرونة للنابض = $\frac{١}{٢}$ هـ $\Delta$ ل$^{٢}$

$= \frac{١}{٢}$ × ١٠٠٠ نيوتن/م × (٠,٢٥م)$^{٢}$

$= \frac{١}{٢}$ × ١٠٠٠ × ٦,٢٥ × ١٠$^{-٨}$

= ٣,١٣ × ١٠$^{-٥}$ نيوتن .م

= ٣,١٣ × ١٠$^{-٥}$ جول




شكل ( ١٢ )



el-online.net

# القـــــدرة Power

عرفت في مرحلة سابقة مفهوم القدرة وأنها عبارة عن معدل الشغل بالنسبة للزمن، ولمزيد من توضيح مفهوم القدرة نضرب المثال الآتـي :

إذا استغرق عامل بناء زمن قدره ( ٣ ) دقائق في رفع كيس أسمنت من الطابق الأول إلى الطابق الثالث، واستغرق عامل بناء آخر زمن قدره ( ٥ ) دقائق في نفس العمل، فإننا نقول أن قدرة العامل الأول أكبر من قدرة العامل الثاني مع أنهما بذلا نفس الشغل، وسبب ذلك أن العامل الأول أنجز الشغل في زمن أقل، فإذا رمزنا للقدرة ( قد ) والشغل بالرمز ( شغ ) خلال زمن ( ز ) فإن القدرة :

قد = $\frac{\text{شغ ( نيوتن .متر )}}{\text{ز ( ثانية )}}$، أي أن وحدة قياس القدرة هي نيوتن × متر/ث .

أو جول/ ثانية، وتسمى وحدة جول/ ث بالوات تكريماً للعالم الإنجليزي جيمس وات ( Watt ) مخترع الآلة البخارية.

∴ الوات = جول/ث أو أن وات .ث = جول.

وكما ترى أن هذه الوحدات صغيرة، وهناك وحدات أكبر من الوات.

وهي كيلو وات = ١٠٠٠ وات، وميجاوات = ٦١٠ وات.

وتوجد وحدة أخرى تسمى قدرة الحصان Horsepower وتساوي تقريباً ٧٤٦ وات، وقدرة الحصان عبارة عن وحدة القدرة في النظام الإنجليزي وهي مصطلح أطلقه العالم وات، والوات تعني كم من الشغل يمكن أن ينجزه حصان في الثانية مقارنة بما تنجزه الآلة البخارية، أو قد يديره إنسان أو آلة تنجز شغلاً مقداره جول واحد في ثانية واحدة.

● **العـلاقـة بين القـدرة والسـرعـة :**

∵ القدرة ( قد ) = $\frac{\text{شغ}}{\text{ز}}$ = ق × $\frac{\text{ف}}{\text{ز}}$

لكن ع ( السرعة ) = $\frac{\text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ = $\frac{\text{ف}}{\text{ز}}$

وبالتعويض في العلاقة ...

قد = ق × $\frac{\text{ف}}{\text{ز}}$

∴ قد = ق × ع

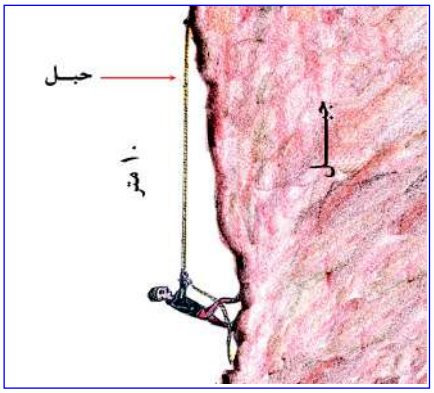


el-online.net

ومنه نستنتج أنه إذا كانت القوة كمية ثابتة فإن السرعة تزداد بازدياد القدرة، وهذا ما يفسر زيادة قدرة آلة عن آله أخرى كزيادة قدرة الطائرة عن قدرة السيارة أو زيادة قدرة السيارة عن قدرة الدراجة النارية، وتستخدم العلاقة فقط لحساب قدرة قوة عندما يتحرك الجسم الذي تؤثر فيه بسرعة ثابتة.

■ **مثال ١ :**

متسلق جبل كتلته ٦٠ كيلوجرام تسلق مسافة ١٠ أمتار في زمن قدره ( ٤ ) دقائق بسرعة ثابتة إلى أعلى، احسب قدرة المتسلق ، علماً بأن عجلة الجاذبية الأرضية ٩٫٨ م/ث٢ .



شكل ( ١٣ )

■ **الحل :**

كتلة الرجل ( ك ) = ٦٠ كجم

طول الحبل ( المسافة ) = ١٠ أمتار

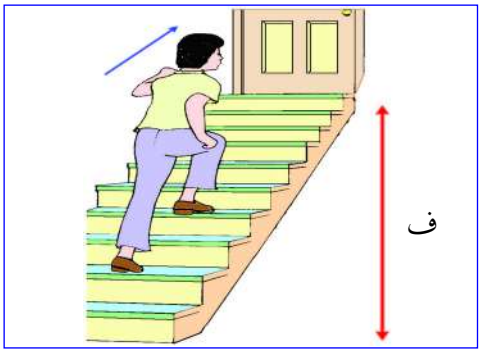
زمن التسلق = ٤ دقائق

∵ القدرة ( قد ) = ق × $\frac{ف}{ز}$ = $\frac{ك \times ع \times ف}{ز}$

= $\frac{٦٠ \times ٩٫٨ \times ١٠}{٦٠ \times ٤}$ = ٢٤٫٥ وات

■ **مثال ٢ :**

طالب وزنه ٥٠٠ نيوتن يصعد سلم يتكون من ٣٠ درجة في عشر ثوان، وارتفاع كل درجة ١٦سم، احسب قدرة الطالب بوحدة الحصان.



شكل ( ١٤ )

■ **الحل :**

وزن الطالب ( و ) = ٥٠٠ نيوتن ،



el-online.net

الزمن ( ز ) = ١٠ ثوان

المســـــافة = ٣٠ درجة = ٣٠ × ١٦سم = ٤٨٠سم = ٤٫٨ متر

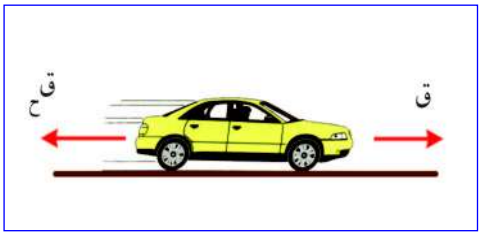
∵ الشغـــــل = ق × ف

∴ الشغـــــل = ٥٠٠ نيوتن × ٤٫٨ متر

∵ القـــــدرة = $\frac{٥٠٠ \times ٤٫٨}{١٠}$ = ٢٤٠ وات

∴ قدرة الطالب بالحصان = $\frac{٢٤٠ \text{ وات}}{٧٤٦ \text{ وات}}$ . قدرة حصان = ٠٫٣٢ قدرة حصان .

■ **مثال٣ :** سيارة تتحرك على طريق أفقي بسرعة ثابتة ٢٠٠ متر/ثانية، فإذا كانت مقاومة الاحتكاك تعادل ٢٥٠٠ نيوتن، ما قدرة محرك السيارة عند اهمال مقاومة الهواء؟



شكل ( ١٥ )

■ **الحـــل :**

السرعة ( ع ) = ٢٠٠ متر/ث ، ق ح = ٢٥٠٠ نيوتن

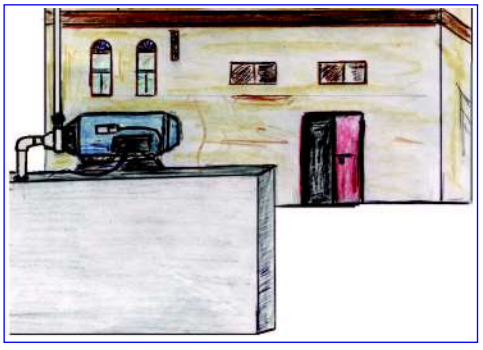
وبما أن السيارة تسير بسرعة منتظمة : ∴ القـــدرة ( قد ) = $\frac{\text{الشغل}}{\text{الزمن}}$

= $\frac{\text{القوة} \times \text{المسافة}}{\text{الزمن}}$ = القوة × السرعة = ٢٥٠٠ نيوتن × ٢٠٠متر /ث

= ٥٠٠٠٠٠ وات = ٥٠٠ كيلو وات

■ **مثال٤ :**

مضخة كهربائية ترفع ١٫٥ متر مكعب من الماء في خمس دقائق إلى داخل خزان فوق إحدى البنايات البالغ ارتفاعها ٥ متر، احسب قدرة المضخة إذا كانت كثافة الماء ١٠٠٠ كجم/متر مكعب .


شكل ( ١٦ )

■ **الحـــل :**

حجم الماء ( ح ) = ١٫٥م$^{٣}$ ، ز = ٥ دقائق ، ف( ارتفاع البناية ) = ٥م

ث ( الكثافة ) = ١٠٠٠ كجم/م$^{٣}$



el-online.net

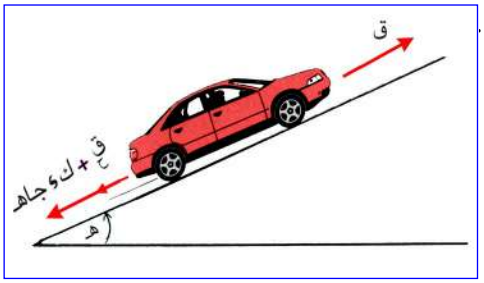
ولقد عرفت أن ق = و = ك × ء ، ث = $\frac{ك}{ح}$ ، ومنه: ك = ث × ح

∴ القدرة = $\frac{شغ}{ز}$ = $\frac{ك \times ء \times ف}{ز}$ = $\frac{ث \times ح \times ء \times ف}{ز}$

= $\frac{١٠٠٠ \times ١٫٥ \times ٩٫٨ \times ٥}{٦٠ \times ٥}$ = ٢٤٥ وات .

■ **مثال ٥ :**

سيارة كتلتها ٥٠٠٠ كيلوجرام تصعد طريق منحدر يميل على الأفقي بزاوية هـ جيبها يساوي $\frac{١}{١٠٠}$ بسرعة منتظمة قدرها ٩٠ كيلو متر/ساعة ضد مقاومة احتكاك تعادل ٢٩٤ نيوتن، احسب قدرة السيارة .



شكل (١٧)

■ **الحـــل :**

ك = ٥٠٠٠ كيلوجرام ، جاهـ = $\frac{١}{١٠٠}$ ،

ع = ٩٠ كم/ساعة ، ق ح = ٢٩٤ نيوتن

∴ القدرة ( قد ) = ق × ع

نوجد قيمة ق ∴ ق = ق ح + ك ء جاهـ

= ٢٩٤ + ٥٠٠٠ × ٩٫٨ × $\frac{١}{١٠٠}$ = ٧٨٤ نيوتن

∴ قد = ق × ع

= $\frac{١٠٠٠ \times ٩٠ \times ٧٨٤}{٦٠ \times ٦٠}$ = ١٩٫٦٠٠ كيلو وات

## الشغل والطاقة
## Work and Energy

عرفت أن الشغل لا يمكن أن ينجز إلا بوجود طاقة، من أين تأتي هذه الطاقة ؟

والطاقة كما عرفت بأنها إمكانية إنجاز شغل، أو بأنها مقدار الشغل الذي تنجزه آلة، وإذا أنجز جسم شغلاً فإنه يمكن القول أن الجسم يمتلك طاقة، والطاقة كمية قياسية وتقدر وحدتها بالجول وهي نفسها وحدة الشغل.

وعندما ينجز الجسم شغلاً فإن طاقته الكامنة تقل بينما الجسم الذي يقع عليه الشغل تزيد طاقته.



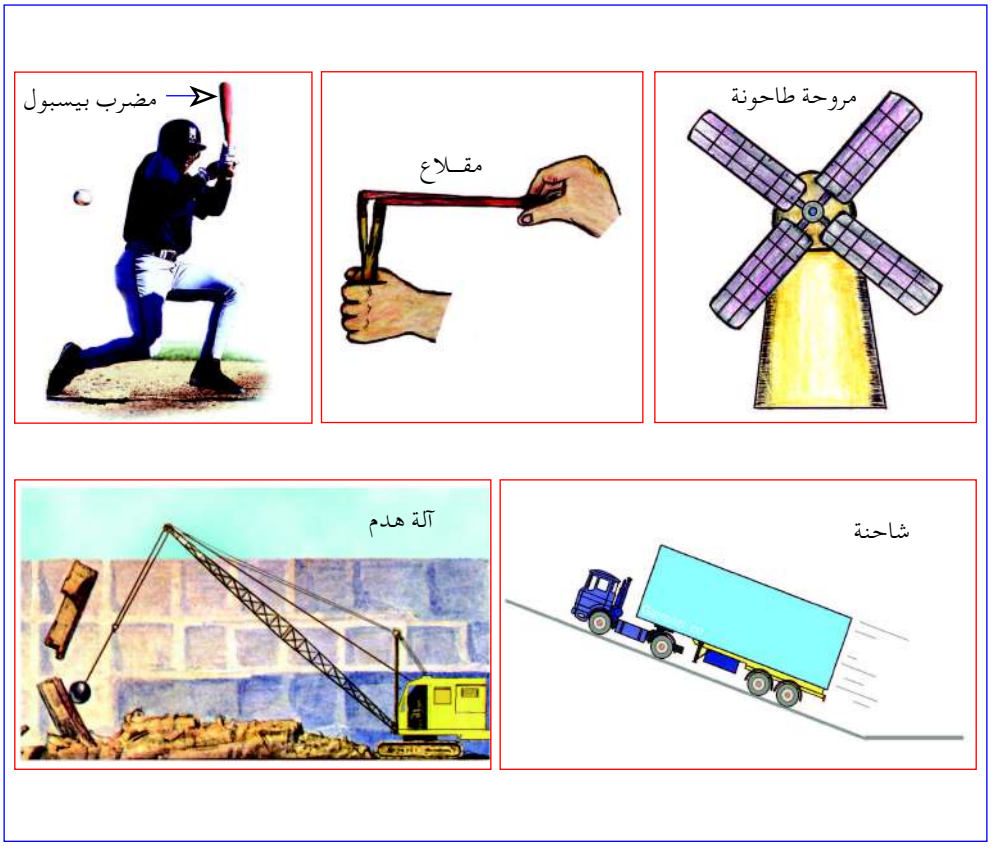
el-online.net

ماذا يعني ذلك ؟

ذلك يعني أنه يوجد تحول أو انتقال في الطاقة عند إنجاز شغل ويمكن أن يحصل الجسم على الطاقة إما على شكل طاقة كامنة أو طاقة حركية أو نوع آخر من أنواع الطاقة .

والطاقة توجد في صور متعددة فهناك طاقة ميكانيكية ( طاقة الوضع والطاقة الحركية ) والطاقة الكيميائية، والطاقة النووية، والطاقة الكهربائية، والطاقة الضوئية .. وغير ذلك .

انظر إلى الصور في الشكل ( ١٨ ) وحدد نوع مصدر الطاقة اللازمة لإنجاز شغل لتحريك الأجسام التي في الصور ؟

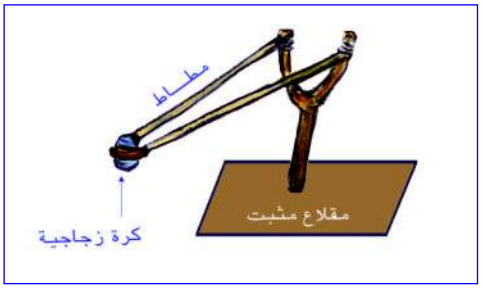



شكل ( ١٨ )



el-online.net

## ■ كيف تتحول الطاقة إلى شغل ؟




شكل ( ١٩ )

**نشـــاط :**

١ – احضـر مـقـلاعـاً وكـرات زجـاجـيـة صغيرة متساوية الحجم .

٢ – اجر النشاط على أرض أفقية واسعة .

٣ – ضع إحدى الكرات الزجاجية في طرف وتريَّ المقلاع وأثِّر عليه بقوة سحب، كما هو موضح في الشكل ( ١٩ ) .

٤ – ارفع يدك التي تسحب طرفي المقلاع لتسمح للكرة الزجاجية أن تنطلق ولاحظ المسافة التي تقطعها الكرة .

٥ – أعد الخطوات ٣ و ٤ عدة مرات باستخدام الكرات الزجاجية الأخرى وفي كل مرة زد قوة السحب ولاحظ التغير في المسافة التي تقطعها الكرات .

- ما العلاقة بين قوة السحب والمسافة التي تقطعها الكرة ؟
- هل يمكن القول أن المقلاع ينجز شغلاً ؟
- ما علاقة الشغل بالشد ؟
- ما علاقة الشغل بالطاقة زيادة أو نقصان ؟
- من أين حصل المقلاع على الطاقة لينجز شغلاً ؟
- من خلال النشاط نستنتج أنه :

١ – عند بذل شغل على جسم فإنه يكتسب طاقة تمكنه من إنجاز شغل، وتزداد هذه الطاقة بزيادة الشغل .

٢ – إذا بذل جسم شغلاً على جسم آخر فإن طاقه الأول تقل وتتحول إلى شغل، وإن هذه الطاقة المفقودة تساوي مقدار الطاقة المكتسبة من قبل الجسم الآخر .

٣ – مقدار الطاقة المنتقلة إلى الجسم يساوي مقدار الشغل المبذول عليه إذا لم يحدث هدر في الطاقة .

٤ – أما بالنسبة للسطح الخشن الذي له قوة احتكاك تعمل على إعاقة حركة الجسم



el-online.net

فيمكننا أن نقول أن مقدار الشغل المبذول يساوي التغير في طاقة حركة الجسم مضافاً إليه الشغل الذي يبذل ضد قوة الاحتكاك ( يعتبر هدر في الطاقة )، وكل جسم يمتلك طاقة حركة وطاقة وضع.

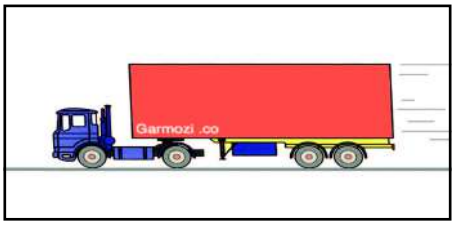
## الشغل وطاقة الحركة ( طح )
## Kinetic Work and Energy

كما عرفنا أن الطاقة تعرف بأنها القدرة على إنجاز شغل، وأن أي جسم أو نظام يستطيع أن ينجز شغلاً يقال بأنه يمتلك طاقة وعندما ينجز شغلاً فإن طاقته تقل بينما الجسم الذي بُذل عليه الشغل فإن طاقته تزداد وهذا يعني أن هناك تحول للطاقة من شكل إلى آخر، ويمكن أن تستنبط أن الأجسام الساكنة لا تنجز شغلاً.

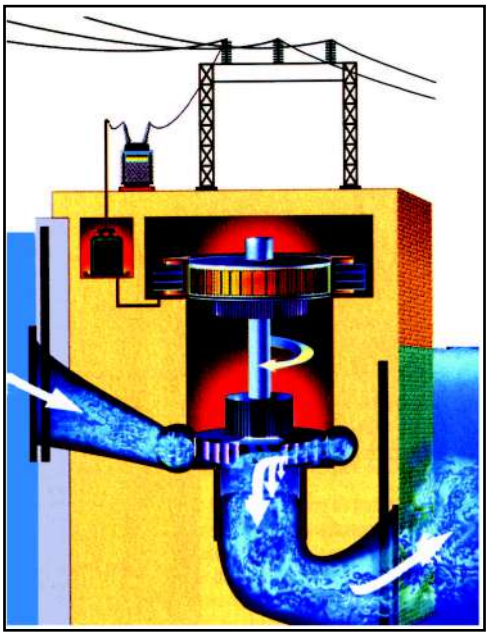
ولمعرفة هذا التحول دعنا ندرس بعض الحالات ومنها طاقة الحركة، انظر إلى الصور في الشكل ( ٢٠ ).

هل تنجز هذه الآلات شغلاً ؟

طريق متعرج في جبل




شاحنة كبيرة تسير بسرعة



توربين كهرباء

شكل ( ٢٠ )



el-online.net

يقال أن الجسم المتحرك يمتلك طاقة حركية، والحركة قد تكون انتقالية كما في السيارة المتحركة، أو دائرية كما في التربينات أو المروحة الكهربائية، وطاقة حركة الجسم هي الطاقة الناجمة عن حركته.

ولحساب العلاقة بين الشغل وطاقة الحركة ( طاقة الجسم الناشئة من حركته ) :

∵ الشغل ( شغ ) = ق × ف ..... ( ١ )

وطبقاً لقانون نيوتن ق = ك × جـ ، حيث ق هي القوة المؤثرة، جـ عجلة الجسم المتحرك.

∵ ف ( الازاحة ) يمكن استنتاجها من القانون :

$ع^{٢} = ع_{.}^{٢} + ٢ جـ ف$

$ف = \frac{ع^{٢} - ع_{.}^{٢}}{٢ جـ}$

∴ بالتعويض في المعادلة ( ١ ) عن قيمة ق ، ف

$شغ = ك \times جـ \times \frac{ع^{٢} - ع_{.}^{٢}}{٢ جـ}$

$= \frac{١}{٢} ك ع^{٢} - \frac{١}{٢} ك ع_{.}^{٢}$

حيث $ع_{.}^{٢}$، $ع^{٢}$ هما السرعة الابتدائية والسرعة النهائية التي يتحرك بها الجسم على الترتيب.

لكن المقدار $\frac{١}{٢} ك ع^{٢}$ يعرف بالطاقة الحركية وهذا يعني أن الشغل يساوي التغير في الطاقة الحركية للجسم.

وإذا بدأ الجسم حركته من السكون فإن السرعة الابتدائية ع. = صفر

∴ شغ = $\frac{١}{٢} ك ع^{٢}$

وهذا يعني أن الطاقة الحركية تساوي الشغل المنجز.

■ **مثال ١** : احسب طاقة حركة جسم متدحرج كتلته ٥ كجم وسرعته ١٠م/ث، واحسب الشغل.

● **الحل** : طاقة الحركة ( ط ح ) = $\frac{١}{٢} ك ع^{٢}$

$= \frac{١}{٢} \times ٥ \times ١٠^{٢}$ $= \frac{١}{٢} \times ٥ \times ١٠٠ = ٢٥٠$ جول

∵ الشغل = ط ح ∴ الشغل = ٢٥٠ جول



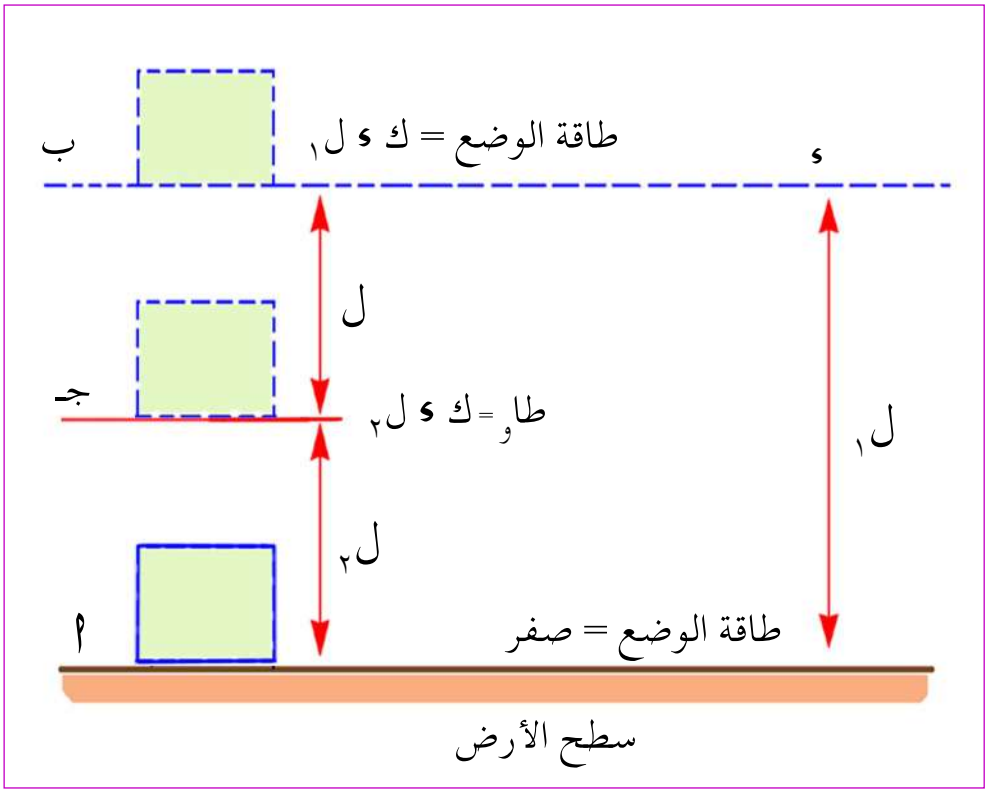
el-online.net

## الشغل وطاقة الوضع ( ط$_{و}$ ) : (الطاقة الكامنة)
## Potential Work and Energy

عرفت أن الجسم عندما يقع عند ارتفاع معين فوق سطح الأرض فإنه يمتلك طاقة تسمى طاقة الوضع ( الطاقة الكامنة )، معنى ذلك أن رفع جسم من نقطة إلى أعلى يعني بذل شغل وأن الشغل يتحول إلى طاقة، وطاقة الوضع أو الطاقة الكامنة تعرف بأنها طاقة الجسم الناشئة عن تغير موضعه في مجال الجاذبية، انظر الشكل ( ٢١ ). عند أية نقطة تكون للجسم طاقة وضع أكبر، هل عند الموضع (أ) أم عند الموضع ( ب )؟

تنشأ طاقة الجسم عند الموضع ( ب ) من الجاذبية الأرضية، وإذا سقط الجسم سقوطاً حراً من هذا الموضع إلى الموضع (أ) فإنه ينجز شغلاً مقداره :

∴ الشغل ( شغ ) = ك × ء × ل$_{١}$




شكل ( ٢١ )



el-online.net

حيث ك هي كتلة الجسم، ء عجلة الجاذبية الأرضية، ل$_{١}$ الإرتفاع عن سطح الأرض والمقدار ( ك ء ل$_{١}$ ) يعرف بطاقة الوضع ( ط$_{و}$ ) .

وإذا حسبنا التغير في طاقة الوضع للجسم برفعه من الموضع ( جـ ) إلى الموضع ( ب ) فإن : الشغل ( شغ ) = ك ء ل$_{٢}$ – ك ء ل$_{١}$

وهذا يعني أن الشغل يساوي التغير في طاقة الوضع وأن شغلاً بُذل على الجسم .

واذا سقط الجسم من الموضع ( ب ) إلى الموضع ( جـ ) يكون الشغل موجباً، أي أن الجسم بذل شغلاً . ( شغ ) = ك ء ل$_{١}$ – ك ء ل$_{٢}$

إذا انتقل الجسم من النقطة ( ب ) إلى النقطة ( ء ) أي بشكل أفقي فإن طاقة وضعه لا تتغير لأن طاقة الوضع تعتمد على الوزن والإرتفاع العمودي للجسم، وقد اعتبرت طاقة الوضع للجسم عند سطح الأرض تساوي صفر .

■ **مثال ١ :** رفع الطالب كما في الشكل ( ٢٢ ) حقيبته من على سطح الأرض ووضعها على سطح منضدته والتي ترتفع $\frac{١}{٢}$ متر . احسب طاقة وضع الحقيبة إذا علمت أن كتلتها ١ كجم، ثم احسب الشغل الذي بذله الطالب .

شكل ( ٢٢ )

● **الحل :**

ك للحقيبة = ١ كجم

ارتفاع المنضدة ( المسافة التي ارتفعت إليها الحقيبة ) = $\frac{١}{٢}$ متر

ء ( عجلة الجاذبية الأرضية ) = ٩٫٨ م / ث$^{٢}$

∴ طاقة الوضع = ك × ء × ل

طاقة الوضع = ١ × ٩٫٨ × $\frac{١}{٢}$ = ٤٫٩ جول

∴ طاقة الوضع = الشغل ∴ الشغل = ٤٫٩ جول



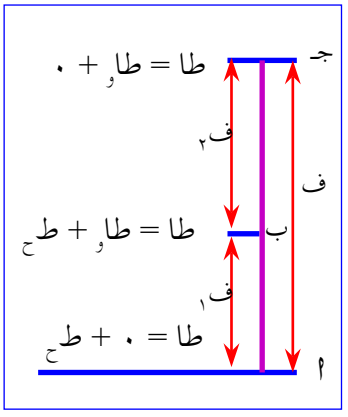
el-online.net

## مبـــدأ حفظ الطـــاقـــة
## Conservation Principle of Energy

إن طاقة الحركة كما عرفت تحدث عندما يُبذل شغل على جسم فتؤدي إلى تحركه أو زيادة سرعته إذا كان متحركاً، بينما طاقة الوضع تحدث عندما يُبذل شغل لتغيير وضع الجسم بالنسبة لسطح الأرض، ويمكن لطاقة الحركة أن تتحول إلى طاقة وضع والعكس صحيح.

وتوضيح ذلك، نفرض أن جسماً كتلته ( ك ) رفع من الموضع (أ) إلى الموضع ( جـ)، فإن الجسم يصبح له طاقة وضع بسبب رفعه إلى أعلى وأن هذه الطاقة تساوي الشغل المبذول، انظر الشكل ( ٢٣ ).

الشغل المبذول لرفع الجسم= ق × ف = ك × ء × ف



شكل ( ٢٣ )

لنفرض الآن أن الجسم سقط سقوطاً حراً من الموضع ( جـ) إلى الموضع (أ) فإن طاقة وضعه عند ( جـ) تتحول إلى طاقة حركية عند (أ).

والآن دعنا ندرس هذا التحول ونأخذ النقطة ( جـ) والنقطة ( ب ) شكل ( ٢٤ ).

عند النقطة ( جـ) تكون طاقة الوضع = ك د ف

طاقة الحركة = $\frac{١}{٢}$ ك ع$_{١}^{٢}$

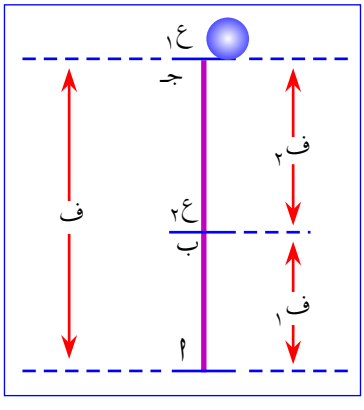
عند الموضع ( ب ) تكون طاقة الوضع= ك د ف$_{١}$

طاقة الحركة = $\frac{١}{٢}$ ك ع$_{٢}^{٢}$

∴ التغير في طاقة الوضع بانتقال الجسم من ( جـ) إلى ( ب ) :

= ك ء ف$_{١}$ – ك ء ف ..... ( ١ )

والطرف الأيسر يمثل النقص في طاقة الوضع لأن ( جـ) أعلى من ( ب ).



شكل ( ٢٤ )



el-online.net

التغير في طاقة الحركة = $\frac{1}{2}$ ك $ع_2^2$ – $\frac{1}{2}$ ك $ع_1^2$ ..... ( ٢ )

وهذا يمثل الزيادة في طاقة الحركة للجسم لأن $ع_2$ أكبر من $ع_1$ كون الجسم يتسارع عند السقوط .

وإذا اعتبرنا $ع_1$ هي السرعة الابتدائية، $ع_2$ هي السرعة النهائية والمسافة بين ب جـ هي $ف_2$ فإن :

$ع_2^2 - ع_1^2 = 2$ ء $ف_2$ ( من قوانين الحركة ) .

وبضرب طرفي المعادلة في $\frac{1}{2}$ ك

∴ $\frac{1}{2}$ ك $ع_2^2$ – $\frac{1}{2}$ ك $ع_1^2$ = ك ء $ف_2$ ∵ $ف_2 = ف - ف_1$

∴ $\frac{1}{2}$ ك $ع_2^2$ – $\frac{1}{2}$ ك $ع_1^2$ = ك ء ( ف – $ف_1$ )

∴ $\frac{1}{2}$ ك $ع_2^2$ – $\frac{1}{2}$ ك $ع_1^2$ = ك ء ف – ك ء $ف_1$ ..... ( ٣ )

وبالنظر إلى المعادلة ( ٣ ) نجد أن الزيادة في طاقة حركة الجسم يقابله نقص في طاقة الوضع، بترتيب المعادلة ( ٣ ) :

∴ ك ء ف – ك ء $ف_1$ + $\frac{1}{2}$ ك $ع_1^2$ – $\frac{1}{2}$ ك $ع_2^2$ = صفر

∴ ك ء ف + $\frac{1}{2}$ ك $ع_1^2$ = ك ء $ف_1$ + $\frac{1}{2}$ ك $ع_2^2$

ويمثل الطرف الأيمن مجموع طاقتي الوضع والحركة عند الموضع ( جـ )، بينما يمثل الطرف الأيسر مجموع طاقتي الوضع والحركة عند الموضع ( ب )، ويعني هذا أن الطاقة يمكن أن تتحول من صورة إلى أخرى، بحيث يظل مجموعهما ثابتاً، وهذا يقودنا إلى مبدأ يعرف بمبدأ حفظ الطاقة، الذي ينص على أن :

- **الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى .**

ومجموع طاقتي الوضع والحركة يعرف بالطاقة الميكانيكية وهي ثابتة .

∴ الطاقة الميكانيكية لجسم = طاقة الوضع لجسم + الطاقة الحركية له



el-online.net

■ **مثال ١ :** جسم كتلته ٥ كجم سقط من ارتفاع ٢٠ متراً كما في الشكل ( ٢٥ )، احسب :

أ – طاقة وضع الجسم قبل سقوطه من الموضع (أ).

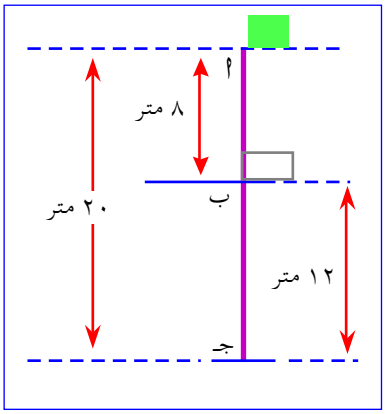
ب – طاقة الجسم الميكانيكية عند الموضع (أ).

جـ – طاقة الجسم الميكانيكية بعد أن سقط ٨ أمتار.

د – سرعة الجسم بعد أن سقط ٨ أمتار.

هـ – سرعة الجسم عندما يصل إلى الأرض.

( اعتبر عجلة الجاذبية الأرضية ١٠ م/ث$^{٢}$ ).




شكل ( ٢٥ )

● **الحـل :**

كتلة الجسم ( ك ) = ٥ كجم، ارتفاعه ( ف ) = ٢٠ متر

أ – طاقة وضع الجسم عند النقطة (أ) = ك ء ف

= ٥ كجم × ١٠ م/ث$^{٢}$ × ٢٠ م = ١٠٠٠ جول

ب – طاقة الجسم الميكانيكية عند النقطة (أ) = طاقة الوضع + طاقة الحركة

= ١٠٠٠ ( جول ) + صفر ( جول ) ..( لماذا ؟ )

= ١٠٠٠ جول

جـ – طاقة الجسم الميكانيكية عند ( ب ) = طاقة الوضع + طاقة الحركة

= الطاقة الميكانيكية عند (أ) = ١٠٠٠ ( جول ) لأن الطاقة الميكانيكية محفوظة.

د – سرعة الجسم بعد أن سقط ٨ أمتار :

الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة ( مبدأ حفظ الطاقة الميكانيكية )

١٠٠٠ جول = ٥ كجم × ١٠ م/ث$^{٢}$ × ( ٢٠ – ٨ ) م + $\frac{١}{٢}$ × ٥ × ع$^{٢}$

١٠٠٠ = ٦٠٠ + $\frac{٥}{٢}$ ع$^{٢}$

$\frac{٥}{٢}$ ع$^{٢}$ = ٤٠٠



el-online.net

ع$^{٢}$ = $\frac{٢}{٥}$ × ٤٠٠ = ١٦٠

ع = ١٢,٦ م/ث

هـ – سرعة الجسم عندما يصل إلى الأرض:

الطاقة الميكانيكية = طاقة الوضع + طاقة الحركة

١٠٠٠ جول = صفر + $\frac{١}{٢}$ ك × ع$^{٢}$

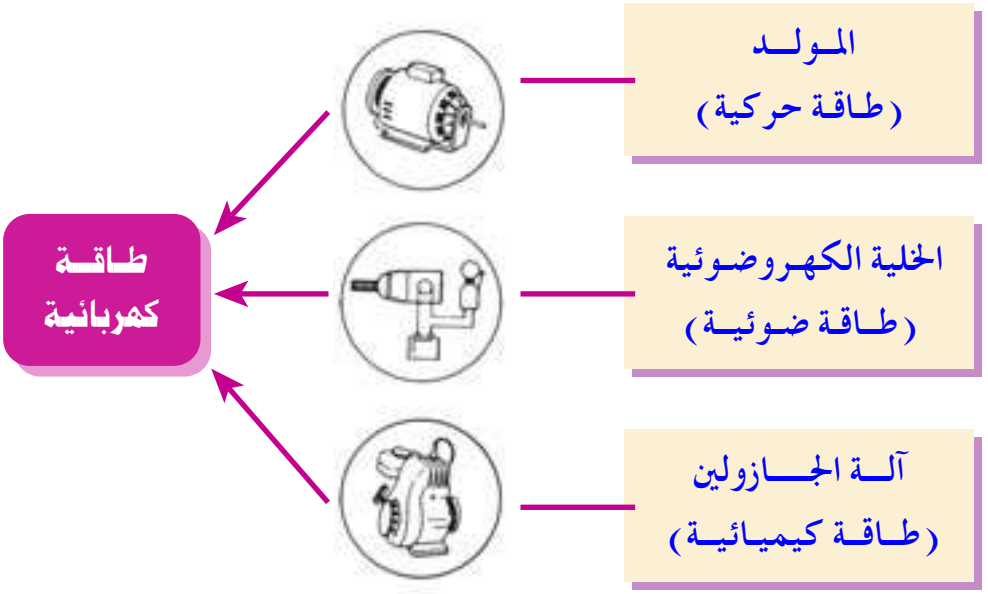
١٠٠٠ = $\frac{١}{٢}$ × ٥ × ع$^{٢}$

ع$^{٢}$ = $\frac{٢}{٥}$ × ١٠٠٠

ع = ٢٠ م/ث.

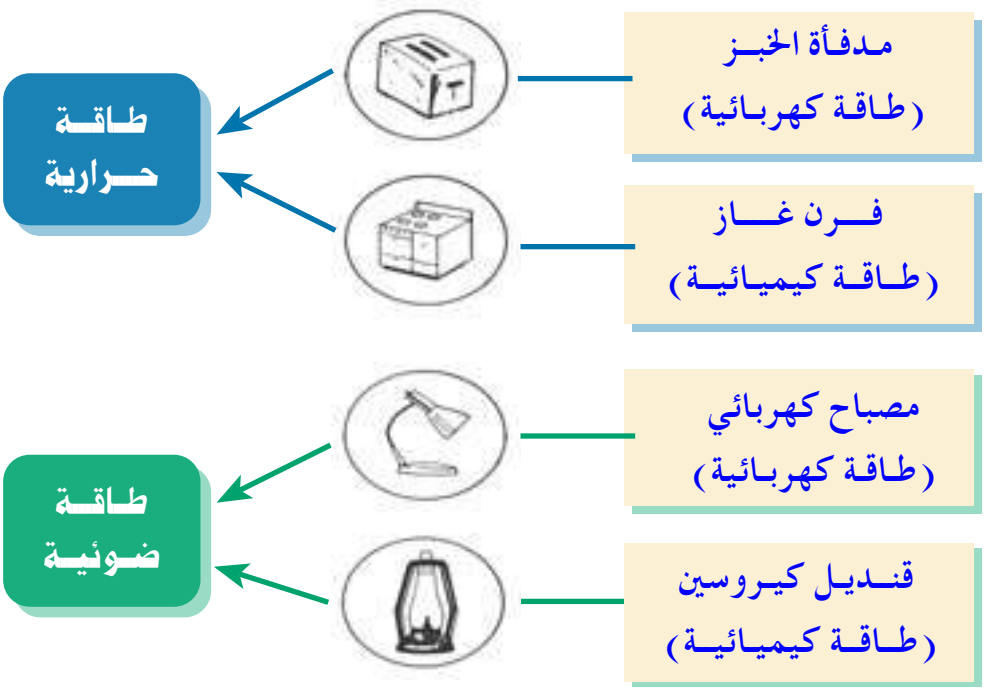
## تحـــولات الطـــاقـــة
## Energy Changes

ينص مبدأ حفظ الطاقة على أن: الطاقة لا تفنى ولا تستحدث، ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى، هذا يعني أن مقدار الطاقة في الكون دائماً لا يتغير بل إنه ثابت، حسب علم الإنسان، انظر إلى الأشكال التالية التي تبين هذا التحول:






el-online.net

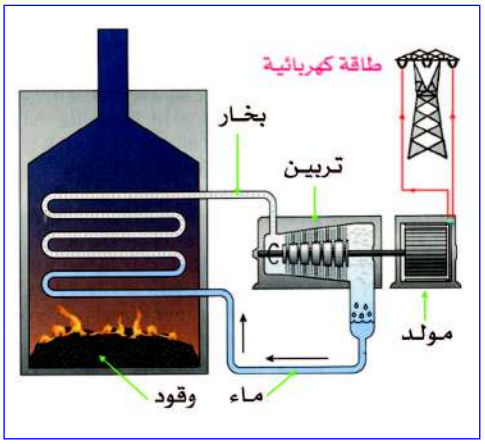



**نشاط :**

- اذكر أمثلة أخرى .
- ما الأداة المستخدمة لتحويل الطاقة من حالة إلى أخرى ؟

في محطة الكهرباء في عدن شكل ( ٢٧ ) .

شكل ( ٢٧ )



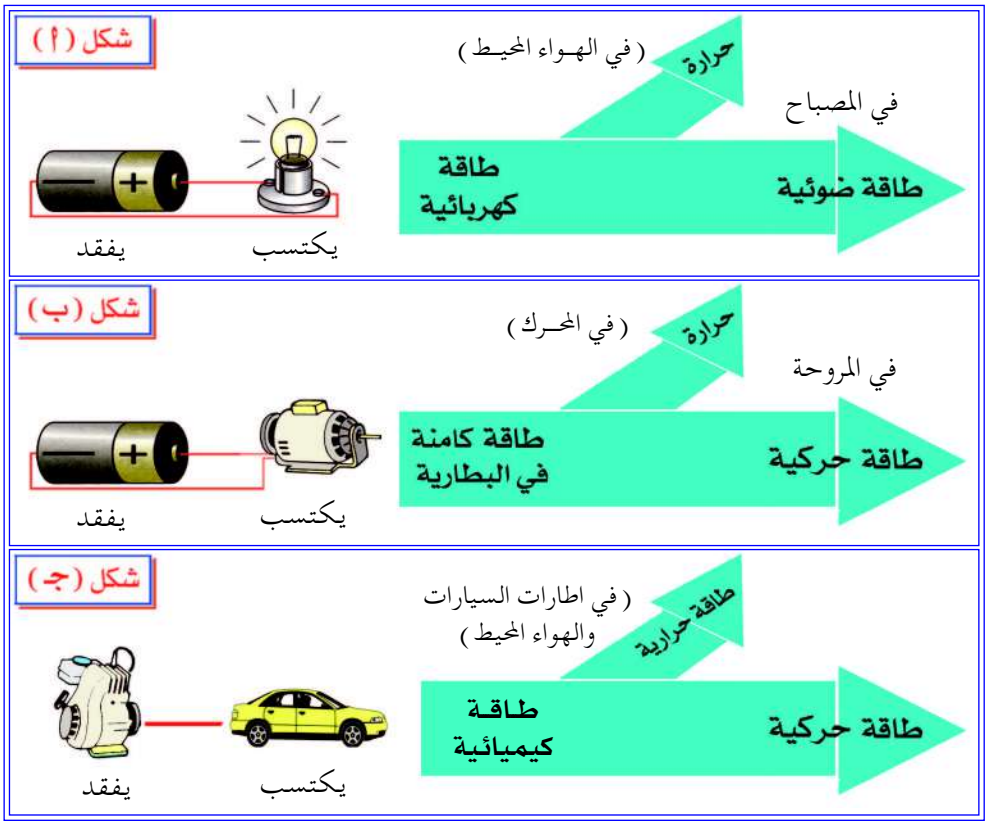

شكل ( ٢٨ )



el-online.net

تستخدم مشتقات النفط في توليد الكهرباء شكل ( ٢٨ )، حيث تنطلق الطاقة الكيميائية المختزنة في النفط، وتتحول إلى طاقة حرارية عند الحرق والطاقة الحرارية المتولدة تستخدم في غلي الماء، والبخار الناتج من الغليان يستخدم في إدارة التربينات والطاقة الحركية الدورانية للتربينات تتحول إلى طاقة كهربائية .

- ماذا يحدث لقانون حفظ الطاقة ؟ انظر إلى الأشكال أدناه :
- إلى أي حالة تحولت الطاقة الكهربائية في الشكل ( ٢٩-أ)؟
- ماذا تمثل الطاقة الحرارية ؟
- أي الطاقة نسبتها أكبر؟
- إلى أي طاقة تحولت الطاقة الكامنة في الشكل( ٢٩- ب )؟
- ما نوع الطاقة التي تستخدمها في الشكل ( ٢٩- جـ) ؟




شكل ( ٢٩ )



el-online.net

يمكن القول أن الطاقة المتحولة تتحول إلى أشكال أخرى من الطاقة بمعنى أن الطاقة تبقى محفوظة وأن مبدأ حفظ الطاقة "**الطاقة لا تفنى ولا تستحدث ولكن يمكن تحويلها من صورة إلى أخرى أو من شكل إلى آخر**" هو مبدأ ثابت حسب قدرتنا البشرية.

## الدفع وكمية التحرك والتصادم
## Thrust Momentum & Collision

يلعب الدفع دوراً مهماً في حياتنا، لأن له تطبيقات كثيرة مثل دفع كرة التنس، ودفع كرة القدم، ودفع السيارة عندما لا تعمل، وكذا الدفع الصاروخي، ودفع القذيفة.

إذاً لماذا أنت تدفع سيارة إذا لم يشتغل محركها ؟

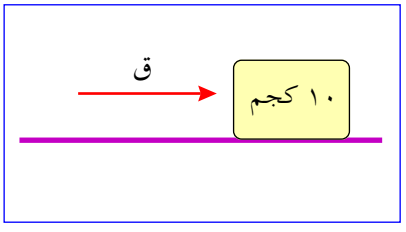
لا شك أنك تدفعها لتزيد من سرعتها إلى حد يكفي لتشغيل محركها فلو فرضنا أنك دفعت سيارة لفترة معينة بقوة ( ق ) وزمن ( ز ) فإن :

الدفع = ق . ز

من القانون نجد أن الدفع كمية متجهة.

من القانون : ما وحدة الدفع في النظام الدولي، وفي النظام ( جاوس ) ؟

■ **مثال ١** : أثرت قوة مقدارها ٢٠ نيوتن على جسم ساكن كتلته ١٠ كجم لمدة ثانيتين، أوجد الدفع.



شكل ( ٣٠ )

● **الحل** :

ق = ٢٠ نيوتن ، ز = ٢ ثانية

الدفع = ق × ز

الدفع = ٢٠ نيوتن × ٢ ثانية = ٤٠ نيوتن.ث

## كمية التحرك (كت) (الزخم)
## Momentum

إن أي جسم متحرك يكون له كمية تحرك تؤثر على أي جسم آخر يحاول إيقافه.

وكمية التحرك هذه تساوي كتلة الجسم المتحرك مضروبة في سرعته، أي أن :

كمية التحرك ( كت ) = كتلة الجسم المتحرك ( ك ) × سرعته ( ع )

كت = ك ع .....

ويمكن ملاحظة أن كمية التحرك كمية متجهة واتجاهها باتجاه سرعة الجسم



el-online.net

المتحرك وهي ثابتة طالما ظلت الكتلة ثابتة والسرعة ثابتة، ويمكن لكمية التحرك أن تنتقل من جسم لآخر، وتزداد كمية التحرك بزيادة سرعة الجسم وزيادة كتلته.

لماذا كمية التحرك كمية متجهة ؟

**نشـــاط :**

■ أثبت أن وحدة كمية التحرك عبارة عن كجم . متر/ ثانية.

■ **مثـال١ :** احسب كمية التحرك لسيارة كتلتها ١٠٠٠ كجم تتحرك بسرعة ٩٠ كيلومتر في الساعة.

● **الحـل :** ك = ١٠٠٠ كجم ، ع = ٩٠كيلومتر/ساعة

∵ كمية التحرك ( $\overleftarrow{كت}$ ) = ك . $\overleftarrow{ع}$

∴ كت = ١٠٠٠كجم × ٩٠كم/ س = ٩٠٠٠٠ كجم.كم/ساعة

= ٢٥٠٠٠ كجم.م/ث

## الدفع وكمية التحرك
## Momentum & Thrust (Impulse)

من القانون : الدفع = $\overleftarrow{ق}$ . $\overleftarrow{ز}$

ولكن نظراً لعدم معرفتنا غالباً بمتوسط القوة المؤثرة أو زمن تأثيرها فإننا نهتم بدراسة التغير في كمية التحرك التي تساوي الدفع.

وللتأكد من ذلك دعنا نفرض أنك دفعت سيارة كتلتها ( ك ) وأن سرعتها تغيرت من ( ع١ ) إلى ( ع٢ ) خلال زمن الدفع ( ز ) فإن السيارة تكون قد اكتسبت عجلة ( جـ ) قدرها : جـ = $\frac{ع_٢ - ع_١}{ز}$

وباستخدام القانون الثاني لنيوتن على القوة التي دفعت بها السيارة نجد أن :

$\overleftarrow{ق}$ = ك × $\overleftarrow{جـ}$

وبالتعويض عن قيمة ( جـ ) فإن :

ق = ك × $\frac{ع_٢ - ع_١}{ز}$

ق × ز = ك ع٢ – ك ع١

أي أن الدفع = التغير في كمية التحرك.



el-online.net

■ **مثـال ١ :** سيارة متحركة كتلتها ١٥٠ كجم انقصت سرعتها من ٢٠متر/ ثانية إلى ١٥متر/ ثانية في زمن قدره ٣ ثواني ما هو متوسط قوة المقاومة؟

● **الحـل :**

كتلة السيارة ( ك ) = ١٥٠ كجم ، ع٢ = ١٥م/ث ، ع١= ٢٠م/ث ، ز= ٣ ثواني

$$\text{ق} = \text{ك} \frac{\text{ع}_2 - \text{ع}_1}{\text{ز}}$$

$$\therefore \text{ق} = \frac{١٥٠ \text{ كجم} \times (١٥ \text{ م.ث} - ٢٠ \text{ م.ث})}{٣ \text{ ث}}$$

$$= \frac{١٥٠ \times -٥}{٣} = -٢٥٠ \text{ كجم . متر} = -٢٥٠ \text{ نيوتن}$$

الإشارة سالبة لأن القوة معوقة لحركة السيارة.

## التصـادمـــات Collisions

● **التصادم المرن وغير المرن :** Elastic and Inelastic Collision

من المشاهدات اليومية نجد أن بعض الأجسام المتحركة تتصادم مع بعضها، إلا أن شكل التصادم يختلف، فمثلاً عند تصادم كرتين تتحركان في اتجاهين متضادين وفي خط مستقيم واحد، نجد أن الكرتين إما أن ترتدا في اتجاهين متعاكسين، أو أنهما تسيران وبشكل منفصل في اتجاه واحد، وأحياناً نجد أنه عندما تتصادم سيارتان بشكل قوي مع بضعهما فإنهما تتلاصقان وتسيران في اتجاه واحد.

- ماذا تسمي تصادم الكرتين والسيارتين؟
- ماذا يحدث لطاقة حركة الجسمين بعد التصادم؟
- أحياناً نجد انبعاث حرارة بعد التصادم . من أين تأتي هذه الطاقة الحرارية؟
- نسمع صوتاً عندما تتصادم الأجسام مع بعضها. هل يعني ذلك أن طاقة الحركة تحولت إلى طاقة صوتية؟
- لنرى كيف نحصل على إجابات الأسئلة السابقة، بأن نشير إلى أن هناك نوعان من التصادمات هما :

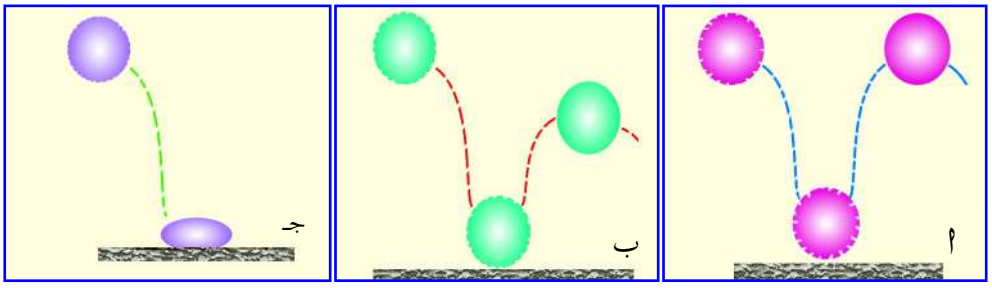
١ - تصـادم مـرن Elastic Collision

٢ - تصـادم غير مـرن Inelastic Collision



el-online.net

انظر الأشكـــــال الآتيـــة :




شكل ( ٣١ )

- صف ارتداد الكرة في كل شكل .
- أي من الكرات ارتدت بنفس ارتفاع السقوط وبنفس طاقة الوضع ؟
- استنتج نوع التصادم في كل شكل من الأشكال من خلال قراءتك للمبادئ الآتية :

١ – في التصادم المرن تكون مجموع الطاقة الحركية للأجسام المتصادمة قبل التصادم تساوي مجموع الطاقة الحركية لها بعد التصادم .

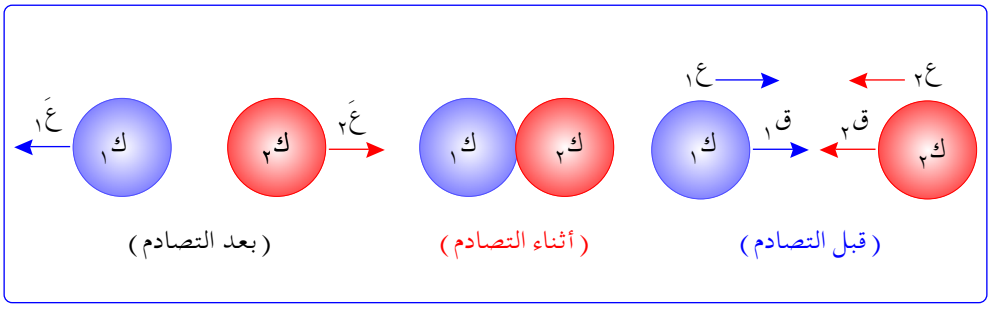
٢ – في التصادم الغير مرن لا تكون طاقة الحركة محفوظة بل أنها تقل بعد التصادم حيث يتحول جزء منها إلى صورة أخرى ( تشوه، صوت ، حرارة )

٣ – سواءاً كان التصادم مرناً أم غير مرن فإن :

مجموع كمية التحرك قبل التصادم = مجموع كمية التحرك بعد التصادم .

## بقـاء كمـية التحـرك
## Conservation of Momentum

انظر إلى تصادم الجسمين المبينين في الشكل ( ٣٢ ) الآتـي :




شكل ( ٣٢ )



el-online.net

نفرض أن الكرتين معزولتان عن الوسط الخارجي وأننا دفعناهما في خط مستقيم باتجاه بعضهما فتصادمتا. لذا من القانون الثالث لنيوتن نجد أن الكرة الأولى ستؤثر على الكرة الثانية بقوة ( ق ) وستؤثر الكرة الثانية على الكرة الأولى بقوة ( –ق ) مساوية للقوة الأولى في المقدار ومعاكسة لها في الاتجاه.

$(\overleftarrow{ق_1}) = -(\overleftarrow{ق_2})$ ، لكن ..

$ق_1 \times ز = ك_1 عَ_1 - ك_1 ع_1$ ..... ( ١ )

$ف_2 \times ز = ك_2 عَ_2 - ك_2 ع_2$ ..... ( ٢ )

حيث $عَ_1$ ، $عَ_2$ هما سرعة الجسم الأول وسرعة الجسم الثاني بعد التصادم.

بجمع المعادلتين ( ١ ) ، ( ٢ ):

$\overleftarrow{ق_1} \times ز + \overleftarrow{ق_2} \times ز = ك_1 عَ_1 - ك_1 ع_1 + ك_2 عَ_2 - ك_2 ع_2$

وحيث أن القوة ق١ ( قوة الفعل ) مساوية في المقدار للقوة ق٢ ( قوة رد الفعل )

$\overleftarrow{ق_1} - \overleftarrow{ق_2} =$ صفر .. لأن $\overleftarrow{ق_1} = -\overleftarrow{ق_2}$

∴ $ك_1 ع_1 - ك_1 عَ_1 + ك_2 ع_2 - ك_2 عَ_2 =$ صفر ..... ( ٣ )

أي أن التغير في كمية تحرك الكرة الأولى + التغير في كمية تحرك الكرة الثانية = صفر

أي أن النقص في كمية تحرك أحد الجسمين تقابلها زيادة في كمية تحرك الجسم الآخر ، وبترتيب المعادلة ( ٣ ):

∴ $ك_1 ع_1 + ك_2 ع_2 = ك_1 عَ_1 + ك_2 عَ_2$ ..... ( ٤ )

أي أن : "**كمية تحرك الجسمين قبل التصادم = كمية تحرك الجسمين بعد التصادم**".

وهو ما يعرف بقانون بقاء كمية التحرك، أي أن كمية التحرك يمكن أن تنتقل من جسم إلى آخر ولكنها لا تفقد.

■ **مثال ١ :** كرة كتلتها ٥ جم تتحرك بسرعة ١٠ سم/ث، اصطدمت بكرة أخرى كتلتها ٣ جم تتحرك بسرعة ٥ سم/ث في الاتجاه المضاد، فإذا ارتدت الكرة الثانية بسرعة ٧ سم/ث، فما مقدار سرعة الكرة الأولى بعد التصادم؟

● **الحل :**

$ك_1 =$ ٥ جم، $ع_1 =$ ١٠ سم/ث ، $عَ_1 =$ ؟؟

$ك_2 =$ ٣ جم ، $ع_2 = -$ ٥ سم/ث ، $عَ_2 =$ ٧ سم/ث



el-online.net

∵ ك$_{١}$ ع$_{١}$ + ك$_{٢}$ ع$_{٢}$ = ك$_{١}$ عَ$_{١}$ + ك$_{٢}$ عَ$_{٢}$

∴ ٥ جم × ١٠ سم/ث + ٣ جم × (−٥) سم/ث

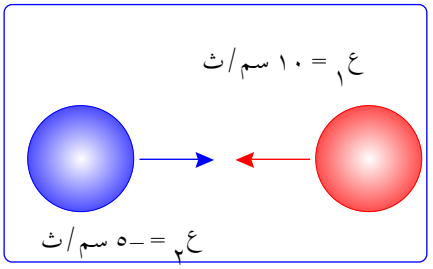
= ٥ جم × عَ$_{١}$ + ٣ جم × ٧ سم/ث

٥٠ − ١٥ = ٥ عَ$_{١}$ + ٢١

٣٥ − ٢١ = ٥ عَ$_{١}$

١٤ = ٥ عَ$_{١}$

عَ$_{١}$ = $\frac{١٤}{٥}$ = ٢٫٨ سم/ث




شكل (٣٣)

**ملاحظة :** لاحظ أننا اعتبرنا ع$_{١}$ موجبه، ع$_{٢}$ سالبة لأن الجسم الثاني قبل التصادم كان يتحرك في اتجاه مضاد لحركة الجسم الأول.

■ **مثال ١ :** كرة كتلتها ١٠ جم تتحرك بسرعة ٥ سم/ث، اصطدمت بكرة أخرى كتلتها ٦ جم تتحرك بسرعة ٧ سم/ث في الاتجاه المضاد، فإذا كونت الكرتان جسماً واحداً بعد التصادم، فماسرعة هذا الجسم؟ .. وما طاقة الحركة المفقودة بعد التصادم؟

● **الحل :** ك$_{١}$ = ١٠ جم ، ع$_{١}$ = ٥ سم/ث ، ك$_{٢}$ = ٦ جم ، ع$_{٢}$ = −٧ سم/ث

∵ ك$_{١}$ ع$_{١}$ + ك$_{٢}$ ع$_{٢}$ = ك$_{١}$ عَ$_{١}$ + ك$_{٢}$ عَ$_{٢}$

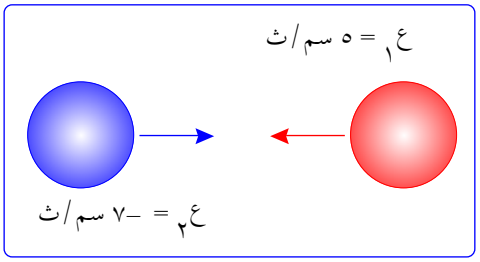
لأن الجسمين أصبحا جسماً واحداً فإن : عَ$_{١}$ = عَ$_{٢}$ = عَ

∴ ١٠ جم × ٥ سم/ث + ٦ جم × (−٧) سم/ث = (١٠ + ٦) عَ

٥٠ − ٤٢ = ١٦ عَ

٨ = ١٦ ع

عَ = $\frac{٨}{١٦}$ = $\frac{١}{٢}$ سم/ث




شكل (٣٤)

طاقة الحركة قبل التصادم :

= $\frac{١}{٢}$ ك$_{١}$ ع$_{١}^{٢}$ + $\frac{١}{٢}$ ك$_{٢}$ ع$_{٢}^{٢}$

= $\frac{١}{٢}$ × ١٠ × ٢٥ + $\frac{١}{٢}$ × ٦ × ٤٩

= ١٢٥ + ١٤٧ = ٢٧٢ إرج.

طاقة الحركة بعد التصادم = $\frac{١}{٢}$ (ك$_{١}$ + ك$_{٢}$) عَ$^{٢}$ = $\frac{١}{٢}$ (١٠ + ٦) ($\frac{١}{٢}$)$^{٢}$

= $\frac{١}{٢}$ × ١٦ × $\frac{١}{٤}$ = ٢ إرج

∴ طاقة الحركة المفقودة = ٢٧٢ − ٢ = ٢٧٠ إرج



el-online.net

# تقويم الوحدة

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الاجابة عن الأسئلة الآتية :**

**س١ : ضع علامة ( ✓ ) أمام العبارة الصحيحة وعلامة ( ✗ ) أمام العبارة الخاطئة فيما يلي :**

أ – الشغل يتناسب عكسياً مع القوة . ( )

ب – الشغل كمية متجهة . ( )

جـ – الجول عبارة عن مقدار الشغل المبذول من قبل قوة بالنيوتن على جسم فتزيحه متر واحد في اتجاهها . ( )

د – يكون اتجاه قوة الاحتكاك في اتجاه الإزاحة . ( )

هـ – شغل قوة المرونة = هـ $\Delta$ ل$^{٢}$ . ( )

و – يعين مقدار القدرة من العلاقة ق × ع . ( )

ز – مقدار الطاقة المنتقلة من جسم إلى آخر يساوي مقدار الشغل المبذول . ( )

ح – طاقة الجسم الناشئة من تغيير مكانه تدعى بطاقة الوضع . ( )

ط – الطاقة الميكانيكية لجسم تساوي ( طاقة الوضع – طاقة الحركة ) . ( )

ي – كمية التحرك ثابتة مهما زادت كتلة الجسم . ( )

ك – إذا كانت كمية التحرك تساوي ك × ع فإن كمية التحرك كمية متجهة . ( )

**س٢ : اختر الاجابة الصحيحة من بين الأقواس للعبارات التالية :**

١ – يعين الشغل الميكانيكي بصورة عامة من العلاقة :

أ – شغ = $\overleftarrow{ق}$ × ف ب – شغ = $\overleftarrow{ق}$ . ف

جـ – شغ = $\overleftarrow{ق}$ × ف د – شغ = $\frac{(ق \cdot ف)}{ز}$



el-online.net

٢ – يقاس الشغل بوحدة هي :

أ – كجم .متر ب – كجم .متر٢ / ث٢ جـ – نيوتن .متر / ث

د – نيوتن .م٢ .

٣ – شغل قوة الجاذبية في اتجاه القوة عبارة عن :

أ – ك × ء × ف ب – ف × ق

جـ – و × ق د – ك × ء × ق

٤ – وحدة قياس القدرة هي :

أ – جول .ث ب – نيوتن . متر .ث

جـ – وات .ت د – جول / ث

٥ – تعـــرف الطـــاقـــة بأنهـــا :

أ – امكانية انجاز شغل ب – مقدار الشغل الذي تنجزه آله

جـ – كل من ( أ + ب ) د – مقدار الشغل في الثانية الواحدة

٦ – تعين طـــاقـــة الحـــركـــة من العـــلاقـــة :

أ – ك × ء × ف ب – ك (ع١ – ع٠ )

جـ – ١ / ٢ ك ع٢ د – ق × ك

٧ – كميـــــة التحـــــرك لجسم هي :

أ – ك١ ع١ – ك٢ ع٢ = ك١ عَ١ – ك٢ عَ٢

ب – ك١ ع١ + ك٢ ع٢ = ك١ عَ١ + ك٢ عَ٢

جـ – ك١ ع١ – ك١ عَ١ = ك٢ ع٢ – ك٢ عَ٢

د – ك١ ع١ – ك٢ عَ٢ = ك١ عَ١ + ك٢ ع٢

٨ – إذا كان الشغل المبذول على جسم هو ٢٠ جول . متر فإن مقدار القوة التي تزيحه ٠,٣ متر هي :

أ – ٨ نيوتن ب – ٢ نيوتن

جـ – ٠,٠٥ نيوتن د – لا توجد إجابة صحيحة



el-online.net

٩ – بُذل شغل مقداره ( ٤٩٠٠ ) جول لرفع كتلة مقدارها ٥٠كجم عند احتساب عجلة الجاذبية الأرضية ٩,٨م/ث٢ فإن الارتفاع الذي بُذل خلاله الشغل هو :

أ – ٩٦م ب – ٢٤٥٠م جـ – ١٠م د – ٩٨م

**س٣ : استنتج العلاقة التي تربط بين الشغل والطاقة الحركية .**

**س٤ : أثبت أن الدفع = التغير في كمية التحرك .**

**س٥ : عرف كل من :**

( الشغل – القدرة – طاقة الوضع – طاقة الحركة – التصادم – كمية التحرك ) .

**س٦ : أثبت العلاقة الآتيـة :**

( الطاقة الميكانيكية لجسم تساوي طاقة الوضع + الطاقة الحركية ) .

**س٧ : اذكر مبادئ التصادم ثم أثبت أن كمية التحرك لجسمين قبل التصادم تساوي كمية التحرك لهما بعد التصادم .**



el-online.net

# الوحدة الخامسة

# الكهـربـاء السـاكنـة
# Electrostatics

## أهداف الوحدة :

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :**

١ – تعرف المفاهيم التالية : المجال الكهروستاتيكي – الجهد الكهربائي – الشغل الكهربائي –السعة الكهربائية – المكثف الكهربائي .

٢ – توظف المفاهيم العلمية السابقة في حياتك العملية اليومية والعامة .

٣ – تتعرف على أنواع المكثفات الكهربائية لبعض دوائر الأجهزة الالكترونية المتوافرة في البيئة مثل : المذياع، والتليفون، والتلفاز، الآلة الحاسبة ومصادر الحصول على الشحنات الكهربائية وأجهزة توليدها .

٤ – تحل مسائل حسابية لتعيين فرق الجهد وشدة التيار والشغل الكهربائي وسعة المكثفات من خلال الدوائر الكهربائية .

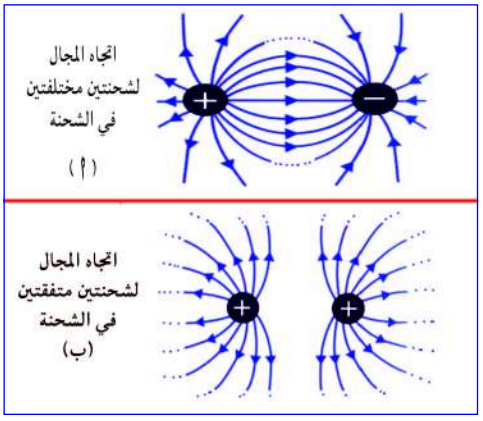
٥ – تكتسب ثقافة علمية من خلال تنفيذك لبعض الأنشطة اللاصفية .



el-online.net

## المجـــال الكهـربائـي
## Electrical Field

عـرفت سـابقـاً أن المجـال الكهـربائي ينشـأ بسـبب وجـود شـحنة كـهـربائيـة أو جسم مشحون، وإذا افترضنا أنه وضعت شحنة نقطية موجبة (اختبارية) بالقرب من شـحنة سـاكنة تنشـأ على الشـحنة الاختبارية قوة كهروستاتيكية وعند تغير موضع الشحنة الاختبارية عن الشحنة الساكنة فإن القوة الكهروستاتيكية تتغير طبقاً لقانون كولوم الذي درسته سابقاً .

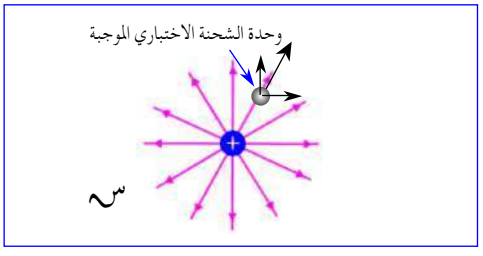


شكل ( ١ )

وتنقص القوة الكهروستاتيكية عندما تبتعد الشحنة الاختبارية عن الشحنة الساكنة وتزيد عندما تقترب منها، وكلما زاد بعد الشحنة الاختبارية تضعف القوة حتى تتلاشى عندما تبتعد إلى مسافة معينة من المنطقة المحيطة بالشحنة والتى تظهر فيها آثار القوة الكهروستاتيكية، ويطلق على هذه المنطقة التي تظهر فيها آثار القوة الكهروستاتيكية "**المجال الكهربائي للشحنة أو للجسم المشحون**" .

وإذا طرحنا السؤال التالي :

- كيف يمكن أن نعيّن مقدار شدة المجال الكهربائي لشحنة موجبة؟
- نفترض أن الشحنة الموجبة مقدارها (س) كولوم كما هو مبين بالشكل (٢)، وأن وحدة شحنة اختبارية موجبة وضعت في نقطة حولها فأثرت عليها بقوة كهروستاتيكية مقدارها ($\overleftarrow{ق}$) نيوتن، وفي هذه الحالة فإن شدة المجال الكهربائي للشحنة الموجبة عند تلك النقطة تحسب من العلاقة :



شكل ( ٢ ) :خطوط المجال للشحنة الكهربائية الموجبة

$$\text{شدة المجال الكهربائي : } \overleftarrow{مج} = \frac{\overleftarrow{ق} \text{ نيوتن}}{\text{س كولوم}} \quad \ldots\ldots\ldots (١)$$



el-online.net

حيث ( $\overleftarrow{مج}$ ) يرمز لشدة المجال الكهربي، والسهم يعني أن شدة المجال الكهربي كمية متجهة، ( $\overleftarrow{ق}$ ) القوة الكهروستاتيكية وهي كمية متجهة أيضاً، وتقاس شدة المجال الكهربائي كما في العلاقة ( ١ ) بوحدة: نيوتن/كولوم.

من العلاقة ( ١ ) يمكن أن نعرِّف شدة المجال الكهربائي عند نقطة ما بأنها:

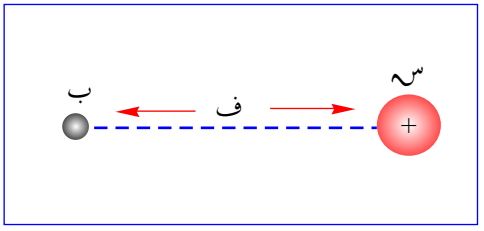
**● القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على وحدة الشحنة الكهربائية الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة.**

■ **مثال ١ :** وضعت شحنة كهربائية مقدارها ( ٤ × ١٠$^{-٦}$ ) كولوم عند نقطة من المجال الكهربائي لجسم مشحون ، فتأثرت بقوة مقدارها ٨ × ١٠$^{-٣}$ نيوتن، ما شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة ؟

■ **الحل :** $\overleftarrow{مج} = \frac{\overleftarrow{ق}\ \text{نيوتن}}{س\ \text{كولوم}}$

بالتعويض عن القيم المعطاة فإن : مج $= \frac{٨ \times ١٠^{-٣}}{٤ \times ١٠^{-٦}} = ٢ \times ١٠^{٣}$ نيوتن / كولوم.

وإذا أردنا أن نعين شدة المجال الكهربائي ( مج ) عند نقطة تبعد عن شحنة ( س ) موضوعة في الهواء أو الفراغ مسافة ( ف ) متر، فما العلاقة التي نعين بها ذلك؟



شكل ( ٣ )

توصل كولوم من خلال دراسته إلى العلاقة الآتية:

$$مج = ٩ \times ١٠^{٩} \times \frac{س}{ف^{٢}} \quad \ldots\ldots (٢)$$

حيث المقدار ٩ × ١٠$^{٩}$ نيوتن.م$^{٢}$ / كولوم$^{٢}$ يسمى ثابت العزل عندما يكون الوسط الفاصل الهواء أو الفراغ، وتقاس المسافة ( ف ) بالمتر.

أما إذا أردنا معرفة مقدار القوة الكهروستاتيكية ( ق ) المؤثرة على شحنتين كهربائيتين ( س$_{١}$، س$_{٢}$ ) كولوم موضوعتين في الهواء أو الفراغ، فقد توصل كولوم للعلاقة :



el-online.net

ق = ٩ × $١٠^{٩}$ × $\frac{س_{١} س_{٢}}{ف^{٢}}$ نيوتن ..... ( ٣ )

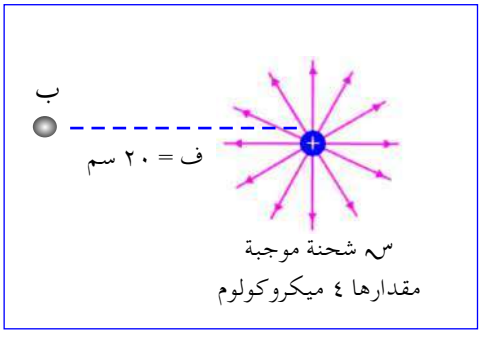
ومن العلاقة ( ٣ ) أمكن معرفة مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة على شحنتين تفصل بينهما مسافة ( ف ) متر.

وعندما تكون أحد الشحنتين هي وحدة شحنة اختبار موجبه ( مقدارها الوحدة ) فيصبح المجال الكهربي للشحنة الأخرى بعد التعويض عن القوة من العلاقة ( ٣ ) في العلاقة ( ١ ) على النحو الآتي : مج = ٩ × $١٠^{٩}$ × $\frac{س}{ف^{٢}}$

## ملحوظة

عندما تكون القوة الكهروستاتيكية الناتجة بين شحنتين قوة تجاذب فيكون مقدارها سالباً، أما إذا كانت قوة تنافر فيكون مقدارها موجباً.

■ **مثال ١ :** لاحظ الشكل ( ٤ ) وضعت شحنة موجبة مقدارها ٤ ميكروكولوم، تبعد عن النقطة ( ب ) مسافة ٢٠ سم، احسب شدة المجال الكهربائي عند تلك النقطة علماً بأن الوسط الفاصل الهواء.




شكل ( ٤ )

● **الحل :**

مج = ٩ × $١٠^{٩}$ × $\frac{س}{ف^{٢}}$

نعوض عن قيمة ( س )، ( ف ) بحيث تكون ( س ) مقاسة بالكولوم، والمسافة ( ف ) مقاسة بالمتر.

مج = $\frac{٩ \times ١٠^{٩} \times ٤ \times ١٠^{-٦}}{(٠,٢)^{٢}}$ = ٩ × $١٠^{٥}$ نيوتن / كولوم

■ **مثال ٢ :** وضعت شحنة نقطية مقدارها ٥ × $١٠^{-٧}$ كولوم في مجال كهربائي شدته ٣ × $١٠^{٤}$ نيوتن / كولوم، احسب القوة الكهروستاتيكية التي يؤثر بها المجال على هذه الشحنة، ثم حدد اتجاهها.

■ **الحل :** مج = $\frac{ق}{س}$ نعوض عن قيمة مج ، س في العلاقة السابقة :

$\frac{ق}{٥ \times ١٠^{-٧}}$ = ٣ × $١٠^{٤}$ ∴ ق = ٣ × ٥ × $١٠^{-٣}$ = ٠,٠١٥ نيوتن.



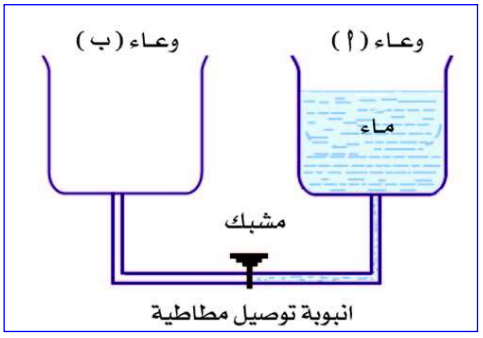
el-online.net

واتجاه القوة الكهروستاتيكية يكون في اتجاه المجال .

- لاحظ المثال الأول شدة المجال الكهربائي ( مج ) تتغير من نقطة إلى أخرى من نقاط المجال .
- ويكون اتجاه المجال عند نقطة هو اتجاه القوة، أي اتجاه حركة شحنة موجبة موضوعة عند تلك النقطة من نقاط المجال .
- يكون اتجاه المجال الكهربائي لشحنة موجبة خارجاً منها .
- أما إذا كانت الشحنة سالبة فيكون اتجاه المجال داخلاً إليها .

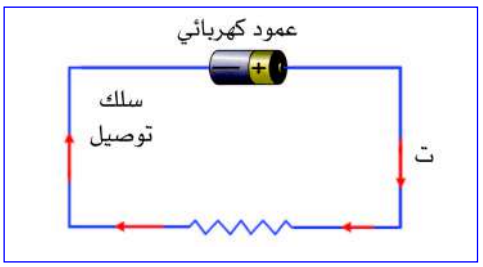
## الجهد الكهربائي
## Electric Potential

لاحظ الشكل ( ٥ ) إذا ملئ الوعاء (أ) بماء ،ثم فتح المشبك فأين تتجه حركة الماء ؟. وما سبب ذلك؟



شكل ( ٥ )

تتجه حركة الماء من الوعاء (أ) إلى الوعاء ( ب )، والسبب يعود إلى وجود فرق في ارتفاع السائل بين الوعاء (أ) والوعاء ( ب )، ولذلك يتحرك الماء من الوعاء (أ) إلى الوعاء ( ب )، وانتقال الماء من الوعاء (أ) إلى الوعاء ( ب )، يقال عند هذه الحالة أن الوعاء الأول أعلى جهداً من الوعاء الثاني، أما إذا لم ينتقل الماء بينهما في هذه الحالة يقال أنهما متساويان في الجهد .



شكل ( ٦ ) : دائرة كهربائية مغلقة

وبالمثل في الشكل ( ٦ ) فإن حركة الشحنات الكهربائية تتجه من القطب الموجب إلى القطب السالب خلال السلك المعدني الموصل بين قطبي المصدر الكهربائي لأن القطب الموجب أعلى في الجهد من القطب السالب وانتقال الكهرباء من جسم إلى آخر لا يتوقف على مقدار شحنة كل منهما وإنما يتوقف على وجود



el-online.net

فرق في الجهد بينهما، ويمكن تعريف الجهد الكهربائي لجسم بأنه : ( **حالة الجسم الكهربائية التي تحدد انتقال الكهرباء منه أو إليه عند اتصاله بموصل آخر** ) .

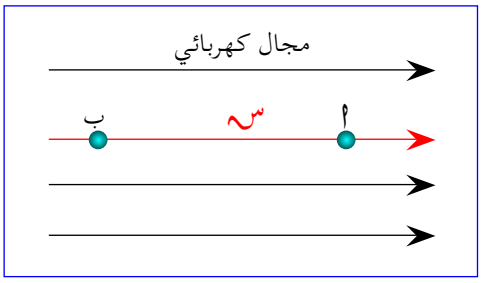
- وبالمثل إذا تحركت شحنة كهربائية في مجال كهربائي ضد القوة، الكهروستاتيكية الناتجة عن المجال الكهربائي يلزمها بذلك شغل للتغلب على تلك القوة لكي تتحرك في هذا المجال وتعود إلى مكانها السابق، وأثناء هذه الحركة تنجز الشحنة شغلاً مساوياً لما يُبذل في حركتها، ولهذا فطاقة الوضع للشحنة تتغير عند تحركها بين نقطتين في مجال كهربائي منتظم.
- ماذا يسمى هذا التغير في طاقة وضع الشحنة الكهربائية عندتحركها بين نقطتين؟
- التغير في طاقة الوضع لوحدة الشحنات الكهربائية الموجبة عند تحركها بين نقطتين في مجال كهربائي يسمى ( **فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين** ) .

## ● تعيين فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين لشحنة موجبة متحركة في مجال كهربائي :

نفترض أن وحدة شحنة اختبار موجبة مقدارها ( س ) كولوم، تتحرك بين نقطتين ( أ ، ب ) في مجال كهربائي منتظم، فلابد لها من بذل شغل خارجي مقداره ( شغ ) على الشحنة، والشغل يخزن في الشحنة عند النقطة ( ب ) على هيئة طاقة وضع كهربائية.

فرق الجهد بين النقطتين ( أ ، ب ) نرمز له بالرمز جـ .

وإذا رمزنا للجهد عند النقطة ( أ ) بالرمز ( جـ أ )، وعند النقطة ( ب ) بالرمز ( جـ ب ) كما في الشكل ( ٧ )، نجد أن :



شكل ( ٧ )

جـ أ – جـ ب = جـ أب

( شغ أب ) الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنة الموجبة ضد قوة المجال الكهربائي من ( أ إلى ب ) = جـ أب × س

ومنها جـ أب = $\frac{\text{شغ أب}}{\text{س}}$

وتقاس وحدة فرق الجهد بوحدة جول / كولوم، وقد اتفق على تسميتها باسم



el-online.net

"**فولت**"، ويقاس فرق الجهد بجهاز الفولتميتر.

ما المقصود **بالفولت**؟

(**هو الفرق في الجهد الكهربائي بين نقطتين عندما تبذل شحنة كهربائية موجبة مقدارها واحد كولوم شغلاً مقداره واحد جول للانتقال من إحدى النقطتين إلى الأخرى**).

■ **مثال ١** : إذا كان فرق الجهد بين نقطتين موضوعتين في مجال كهربائي = ٢٥ فولت، فما الشغل اللازم بذله لنقل شحنة موجبة مقدارها ٥ كولوم بين هاتين النقطتين؟

■ **الحـل** : جـ = $\frac{\text{شغ}}{\text{س}}$

وفي هذه الحالة فإن الشغل المبذول لنقل الشحنة الموجبة بين النقطتين :

شغ = جـ × س = ٢٥ × ٥ = ١٢٥ جولاً.

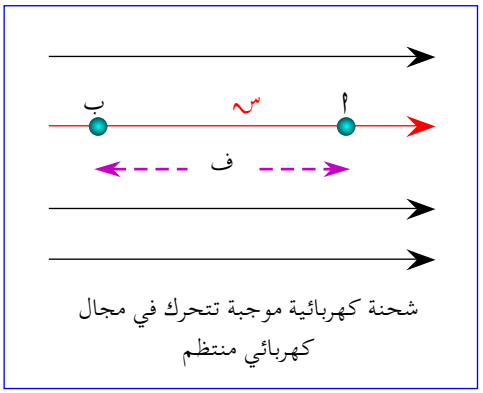
● **العلاقة بين شدة المجال الكهربائي المنتظم وفرق الجهد :**

نفترض أن مجال كهربائي منتظم شدته (مج) كما في الشكل (٨)، وضعت شحنة موجبة (س) كولوم في النقطة (أ) ولأن الشحنة واقعة تحت تأثير مجال كهربائي ستتأثر بقوة مقدارها :

ق = مج × س ..... (١)

تعمل في اتجاه المجال.

وعند تحريك الشحنة الموجبة من النقطة (أ) إلى النقطة (ب) في عكس اتجاه المجال الكهربائي، مسافة (ف) كما يوضحه الشكل (٨).




شكل (٨)

فما الشغل اللازم بذله لنقلها من النقطة (أ) إلى (ب) ضد قوى المجال الكهربائي؟

الشغل اللازم بذله لنقل الشحنة الموجبة من (أ) إلى (ب) :

شغ أ ـ ب = ق × ف ..... (٢)

نعوض من العلاقة (١) في العلاقة (٢) ينتج ما يلي :



el-online.net

شغ ب = مج × س × ف ..... ( ٣ )

حيث ( ف ) هي المسافة بين النقطتين، ولكن:

شغ ب = جـ ب × س ..... ( ٤ )

وبمساواة العلاقتين ( ٣ ) و ( ٤ ) نجد أن :

جـ ب × س = مج × س × ف ..... ( ٥ )

إذاً فرق الجهد بين النقطتين (ا، ب ) يصبح كما يلي:

جـ ب = مج × ف ..... ( ٦ )

مج = $\frac{\text{جـ ب}}{\text{ف}}$ ..... ( ٧ )

نلاحظ في العلاقة ( ٧ ) أن شدة المجال الكهربائي يمكن قياسها بوحدة هي: فولت/متر، وهذا يعني أن شدة المجال الكهربائي تمثل التغير في الجهد الكهربائي لوحدة الأطوال.

■ **مثال :** إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين لوحين معدنيين متوازيين، المجال الكهربائي بينهما منتظماً مقداره ( ٥٠٠ ) فولت، والمسافة بينهما ٠,١ متر، فما مقدار القوة المؤثرة على جسيم مشحون شحنته ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ كولوم يتحرك بين اللوحين؟

■ **الحل:** شدة المجال الكهربائي بين اللوحين تحسب من العلاقة : جـ = مج × ف

٥٠٠ = مج × ٠,١ ومنها :

شدة المجال الكهربائي مج = $\frac{٥٠٠ \times ١٠}{١}$ = ٥ × ١٠$^{٣}$ فولت /م.

القوة المؤثرة على الجسيم تحسب من العلاقة:

ق = مج × س ومنها :

ق = ٥ × ١٠$^{٣}$ × ١,٦ × ١٠$^{-١٩}$ = ٨ × ١٠$^{-١٦}$ نيوتن.

**نشـاط :**

■ تعرّف على بعض الأجهزة الكهربائية المتوافرة في منزلك مثل: العصارة، الغسالة، المكواه، الراديو، التلفاز، السخان، المصباح الكهربائي .. إلخ، وقم بتسجيل الفرق في الجهد والمقاس بالفولت ودوّن مقدار الفولت المكتوب على كل جهاز في دفترك، واكتب موضوعاً قصيراً عن ذلك ثم تحدث عنه في طابور الصباح لزملائك.



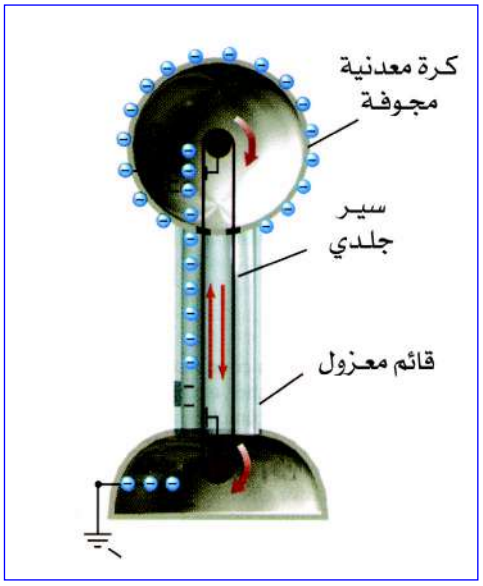
el-online.net

## ● مصـادر الحصـول على شحنـات كهـربائيـة :

- ما المنبع الأساسي للشحنة الكهربائية ؟
- عـرفنا من دراسـتنا في السنوا ت السـابقـة أن المنبع الأسـاسي للشـحنات هي الذرات، وقد أمكن الحصول على شحنات كهـربائية بمقادير صغيرة بعدة طرق ومنها : طريقة الدلك، والتأثير، والتلامس .
- للحصـول على كـميات كبـيرة من الشحنات الكهـربائية، ما الآلة المسـتخدمة لتحقيق ذلك؟
- للحصول على شحنات كـهربائية كبيرة جداً وجهد كـهربائي عال يصل إلى مئات الآلاف أو ملايين من الفولتات .

فقد تمكن العالم ( **فان دي جراف** ) من تصـميم جهاز يقـوم بذلك وسماه بأسـمه ( **فان دي جراف** ) .

## ● تـركيب مولِّد فـان دي جـراف :




شكل ( ٩ )

لاحظ تركيبه من الشكل ( ٩ ) .

- كيف يتولد فـرق جـهد كـهربائي عالٍ على هذا المولد؟
- عند دوران السـيـر الجلدي يحـمل شحنات كـهربائية متكونة عليه عن طريق الفـرشـاة السـفلى وتنقلها إلى الفرشاة العلوية، ثم تنقلها إلى الكرة المعدنية المجوفة وتستقر الشحنات على سطحها الخارجي، وباستمرار دوران السير تتجمع الشحنات على السطح الخارجي ويرتفع جهدها بالتدريج حتي يصل تراكم الشحنات إلى حالة الاتزان ( **معدل فقد الكرة للشحنات مساوٍ لمعدل اكتسابها لها** )، وتصبح عند هذه الحالة قيمة الجهد عالية قد تصل إلى عشرات الآلاف، أو الملايين من الفولتات .



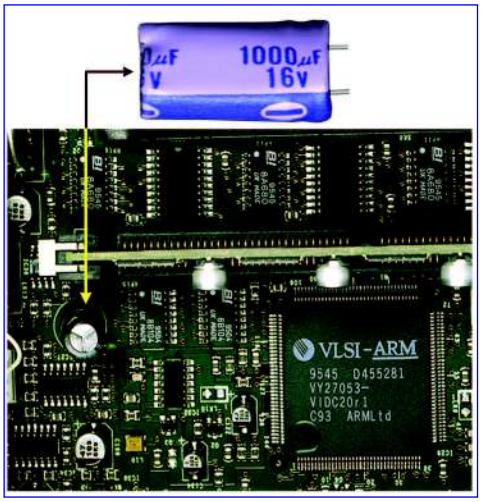
el-online.net

● **استخداماته :** يستخدم في أغراض عدة منها : في مراكز الأبحاث الذرية والنووية، وغيرها من معاهد الأبحاث العلمية والمختبرات المدرسية .

## السعة الكهربائية والمكثفات
## Electric Capacity & Capacitors

### السعة الكهربائية :

عند شحن جسم كروي مثل مولد فان دي جراف فإن الشحنات تتجمع وتتراكم على سطحه المعدني الكروي من الخارج ويزداد تراكمها تدريجياً حتى تصل إلى قيمة معينة، ومهما زاد تراكمها فإن القيمة المعينة لا تتغير، ويعيّن الجهد لهذه الشحنات من العلاقة :



شكل ( ١٠ )

$$جـ = \frac{س}{نق} \times ٩ \times ١٠ \times ٩ \quad \ldots\ldots\ldots (١)$$

حيث ( نق ) نصف قطر الجسم المعدني الكروي المعزول، ( س ) كمية الشحنات المتراكمة على سطحه الخارجي .

وقد اثبتت التجارب العلمية أن السعة الكهربائية لأي موصل معدني معزول تتحدد بالنسبة بين شحنة الموصل المعزول وجهده، ويساوي دائماً مقداراً ثابتاً .

أي أن : $\frac{س}{جـ}$ = مقداراً ثابتاً $\ldots\ldots\ldots (٢)$

وهذا المقدار الثابت يسمى "السعة الكهربائية لموصل" ويرمز له بالرمز ( سع )، وتتوقف قيمته على حجم وشكل الموصل، ونوع الوسط الفاصل، ويمكن أن نعبر عن السعة الكهربائية رياضياً كما يأتي :

$$سع = \frac{س}{جـ} \quad \ldots\ldots\ldots (٣)$$

وتقاس بوحدة هي : كولوم / فولت، وقد اتفق على تسميتها باسم " **فاراد** " .

ما معنى السعة الكهربائية؟

هي كمية الكهرباء اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار فولت واحد .



el-online.net

كيف نحسب مقدار السعة الكهربائية لمكثف معدني كروي الشكل ومعزول ؟

لاحظ العلاقتين : ( ١ ، ٣ ) فإننا نحصل على العلاقة التي تحقق ذلك وهي :

$$\text{سع} = \frac{\text{نق}}{٩ \times ١٠^{٩}}$$ عندما يكون الوسط العازل الهواء، أو الفراغ.

ما المقصود بالفـــاراد؟

يقصد "**بالفـــاراد**" بأنه : ( **سعة موصل يرتفع جهده بمقدار واحد فولت إذا شحن بشحنة موجبة مقدارها كولوم واحد** ) .

**ملحـوظـة للاطلاع الذاتي:**

وحدة الفاراد كمية كبيرة لا تتناسب مع المكثفات المستخدمة في الدوائر الالكترونية للأجهزة التي نراها في منازلنا والمحلات الإلكترونية، وذلك من الناحية العملية، ولكن هناك وحدة صغيرة جداً تتناسب عملياً مع الصناعات الإلكترونية وتسمى " **الميكروفاراد** " ويرمز لها بالرمز ( $\mu F$ ) وتلفظ ميكروفاراد، وتعادل $١٠^{-٦}$ فاراد ويمكنك ملاحظة هذا الرمز مكتوباً على المكثفات في دوائر الأجهزة الإلكترونية.

**نشـــاط :**

■ إذا تمكنت من مشاهدة لوحة داخلية إلكترونية لأحد الأجهزة التالفة كما ذكر في الشكل ( ١٠ ) السابق للمكثفات وأنواعها بمساعدة مدرسك، وتقوم برسمها في كراستك وكتابة سعة كل منها، وإذا لم تتمكن من ذلك بالإمكان زيارة أحد محلات إصلاح الأجهزة الإلكترونية في منطقتك، وقم بالعمل السابق، وناقش المختص عن استخدامها في الأجهزة الالكترونية.

● **تجـربـة** : تحقق بالتجربة العملية أن الشحنات الكهربائية تتراكم على السطوح الخارجية للأجسام الموصلة المعدنية المعزولة.

( ارجع إلى دليل التجارب العملية ) .



el-online.net

# المكثف الكهربائي
## Electrical Capacitor

ما المكثف الكهربائي؟ .. وما الغرض منه؟ .. وفيم يستخدم في الحياة؟

المكثف هو أداة تختزن فيها الشحنات الكهربائية، والغرض منه الحصول على طاقة كهربائية وقت الحاجة، ويستخدم في الدوائر الإلكترونية للأجهزة مثل: المذياع، التلفاز، التليفون والكمبيوتر وغيرها من الأجهزة الإلكترونية التي نستخدمها في حياتنا.

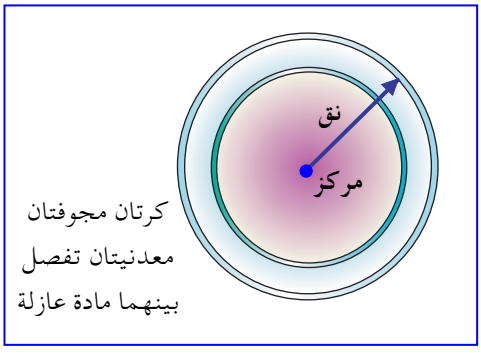
### ● أنواع المكثفات الكهربائية:

يوجد عدة أنواع منها ولكننا سنذكر نوعين بالنسبة للشكل: كروية، وذو لوحين مستويين متوازيين متساويين في المساحة، بالنسبة لعملها في الدوائر الالكترونية: ثابتة السعة ويرمز لها بالرموز:

ومكثفات متغيرة السعة، ويرمز لها بالرمز ( )، ويمكنك ملاحظة هذه الرموز على اللوحة التي ذكرت في النشاط السابق.

### ● المكثف الكروي المعدني المعزول:

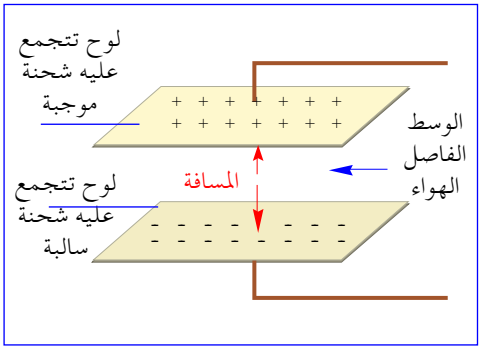
يتكون في أبسط صورة من كرتين معدنيتين مجوفتين أحدهما كبيرة، والأخرى صغيرة توضع داخل الكبيرة متحدتان في مركز التكور، تفصل بينهما مادة عازلة، كما يبينه الشكل ( ١١ ).




شكل ( ١١ ): مكثف معدني كروي

### ● المكثف ذو اللوحين المعدنيين المتوازيين:

يتركب هذا النوع، كما يوضحه الشكل ( ١٢ )، من لوحين معدنيين مستويين متوازيين ومتساويين في المساحة، بينهما مسافة صغيرة ( ف )، وتفصل بينهما مادة عازلة كالهواء، وأحياناً الفراغ، وفي بعض الأحيان يوضع بينهما مواد عازلة مثل: الورق، أو الزجاج أو المطاط، أو الميكا .. الخ.

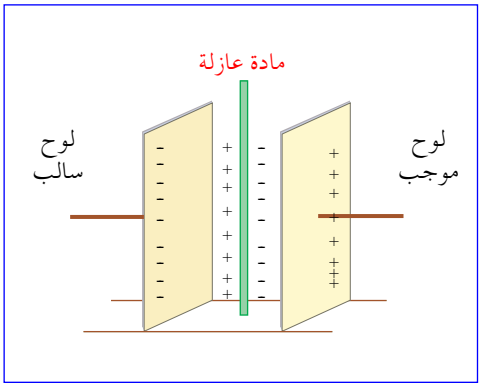



شكل ( ١٢ )



el-online.net

## • تفسير تأثير العازل على سعة المكثف :




شكل ( ١٣ )

تقع جزئيات المادة العازلة الموضوعة بين لوحي المكثف بنوعيه شكل ( ١٣ ) تحت تأثير مجاله، فشحنة اللوح الموجب تجذب الالكترونات للمادة العازلة في اتجاهها بينما الشحنات السالبة المتجمعة على اللوح السالب للمكثف تجذب الأيونات الموجبة للمادة العازلة، والالكترونات والأيونات الموجبة للمادة العازلة الموضوعة بين لوحي المكثف تتعرض إلى إزاحات جانبية في اتجاه لوحي المكثف المتراكم على أحدهما شحنات موجبة والآخر سالبة.

وهذه الإزاحات تكوّن طبقات من الشحنات على المادة العازلة، أحدهما سالبة تتجه نحو اللوح الموجب، والأخرى موجبة متجهة نحو اللوح السالب، ونتيجة لذلك ينقص فرق الجهد ( جـ) بين لوحي المكثف مما يؤدي إلى زيادة سعة المكثف بمقدار يتناسب مع ثابت العزل للمادة العازلة.

لقد وجد من التجارب العملية أن المواد العازلة تجعل المكثف قابلاً للاستخدام تحت فرق جهد عال دون حدوث شرارة كهربائية بين لوحي المكثف.

## • حساب الطاقة الكامنة (المختزنة) في مكثف مشحون :

نفترض أن شحنة المكثف ( س) كولوم، وفرق الجهد بين لوحيه ( جـ) فولت، وعندما نبدأ بشحنه فإن فرق الجهد بين لوحيه يتزايد بانتظام من القيمة ( صفر) حتى يصل إلى القيمة ( جـ) فولت، وعندما تصل قيمة الشحنة فيه إلى ( س) كولوم، فإن القيمة المتوسطة لفرق الجهد أثناء عملية الشحن :

$$= \frac{\text{صفر} + \text{جـ}}{٢} = \frac{١}{٢} \text{ جـ فولت.}$$

ويكون الشغل اللازم لشحن المكثف بالشحنة ( س) كما يلي :

$$\text{شغ} = \frac{١}{٢} \text{ جـ} \times \text{س} \quad \ldots\ldots\ldots (١)$$

ويختزن الشغل في المكثف على شكل طاقة كهربائية، وعند إفراغه يظهر الشغل على شكل طاقة كهربائية، أو تظهر على صور أخرى من الطاقة كالضوء، أو الصوت،



el-online.net

أو الحرارة . . ، وهذا الشغل هو الطاقة المختزنة في المكثف، ويرمز لها بالرمز ( طم ) :

( طم ) = $\frac{١}{٢}$ جـ سـ = الشغل ( شغ )

ولكن . . سـ = جـ سع ..... ( ٢ )

نعوض عن قيمة ( سـ ) من ( ٢ )، في العلاقة ( ١ ) فنحصل على العلاقة :

طم = $\frac{١}{٢}$ سع جـ$^{٢}$ ..... ( ٣ )

إذا عوضنا عن قيمة ( جـ ) من ( ٢ ) في ( ١ ) فنحصل على صورة أخرى للعلاقة السابقة كما يلي :

طم = $\frac{١}{٢}$ × $\frac{سـ^{٢}}{سع}$ ..... ( ٤ )

ومن الصور الأربع للعلاقات السابقة يمكننا حساب مقدار الطاقة المختزنة في مكثف مشحون .

■ **مثال ١** : تم شحن مكثف سعته الكهربائية ٤ × ١٠$^{-٦}$ فاراد، حتى أصبح الجهد الكهربائي عليه ٢٠٠ فولت، احسب الطاقة الكهربائية المختزنة فيه .

■ **الحـل** : سع = ٤ × ١٠$^{-٦}$ فاراد ، جـ = ٢٠٠ فولت

( طم ) = $\frac{١}{٢}$ سع × جـ$^{٢}$ نعوض عن قيمة ( سع ) ، ( جـ )

طم = $\frac{١}{٢}$ × ٤ × ١٠$^{-٦}$ × ( ٢٠٠ )$^{٢}$ = ٢ × ٤٠٠٠٠ × ١٠$^{-٦}$ جول .

طم = ٨ × ١٠$^{-٢}$ جول .

■ **مثال ٢** : مكثف ذو لوحين متوازيين المسافة بين لوحيه ٠,٠١ متر والوسط العازل بين لوحيه الهواء، فإذا كان فرق الجهد الكهربائي بين اللوحين ٥٠ فولت، فما مقدار شدة المجال الكهربائي بين اللوحين؟

■ **الحـل** : ف = ٠,٠١ م جـ = ٥٠ فولت ، مج = ؟

∵ جـ = مج × ف

∴ شدة المجال بين اللوحين ( مج ) = $\frac{جـ}{ف}$

مج = $\frac{٥٠}{٠,٠١}$ = ٥ × ١٠$^{٣}$ فولت / م .



el-online.net

# طـرق توصيـل المكثفـــات في الدوائـر الكهربائيـة

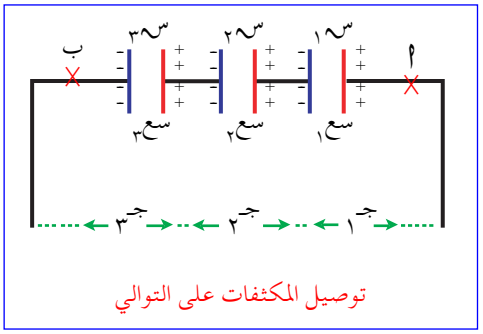
توجد عدة طرق لتوصيل المكثفات الكهربائية في الدوائر الكهربائية ومن هذه الطرق ما يلـي :

## ١ - طريقة التوصيل على التـوالـي :

لا حظ الشكل ( ١٤ ) الذي يبين طريقة توصيل عدة مكثفات على التوالي .

كيف تحسب السعة الكلية للمكثفات بهذه الطريقة؟

نفـتـرض أن سـعـة المكثف الأول ( سع١ ) وسعة الثاني ( سع٢ )، وسعة الثالث ( سع٣ )، وهكذا . . ، عند غلق الدائرة لهذه المكثفات فإن فرق الجهد الكلي يتوزع على طرفي المكثفات، لكن الشحنة متساوية على كل مكثف وتساوي الشحنة الكلية .



توصيل المكثفات على التوالي

شكل ( ١٤ )

فرق الجهد الكلي في الدائرة بين النقطتين ( أ ، ب ) كما في الشكل :

$$جـ_{أ ب} = جـ_{١} + جـ_{٢} + جـ_{٣} \quad \ldots\ldots (١)$$

عرفنا مما سبق أن : $جـ = \frac{س}{سع}$

$$\frac{س_{ك}}{سع_{ك}} = \frac{س_{١}}{سع_{١}} + \frac{س_{٢}}{سع_{٢}} + \frac{س_{٣}}{سع_{٣}} \quad \ldots\ldots (٢)$$

ولأن الشحنات الكهربائية تتوزع على المكثفات الثلاثة بالتساوي أثناء غلق الدائرة .

$$\therefore س_{ك} = س_{١} = س_{٢} = س_{٣} = س$$

$$\therefore \frac{س}{سع_{ك}} = س \left( \frac{١}{سع_{١}} + \frac{١}{سع_{٢}} + \frac{١}{سع_{٣}} \right) .$$

وبعد الاختصار نجد أن السعة الكلية لها تحسب من العلاقة :

$$\frac{١}{سع_{ك}} = \frac{١}{سع_{١}} + \frac{١}{سع_{٢}} + \frac{١}{سع_{٣}} \quad \ldots\ldots (٣)$$

وهذا يعني أن مقلوب السعة الكلية لعدة مكثفات متصلة معاً على التوالي تساوى مقلوب سعتها . .



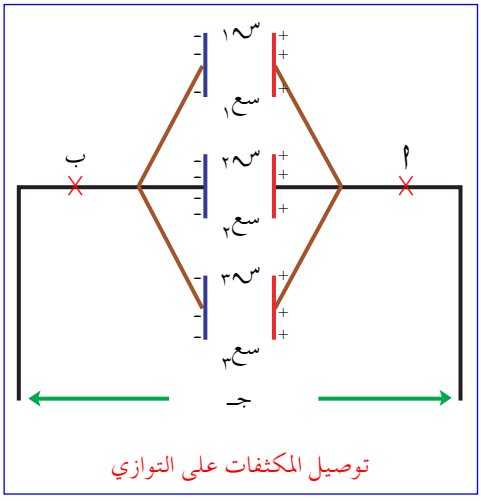
el-online.net

## ٢ – طريقة التوصيل على التوازي :

يوضح الشكل ( ١٥ ) طريقة توصيل المكثفات في الدوائر الكهربائية على التوازي .

كيف نعيّن السعة الكلية للمكثفات المتصلة في الدوائر الكهربائية على التوازي؟

فرق الجهد بين النقطتين (أ،ب) يساوي ( جـ) ويساوي فرق الجهد بين أطراف المكثفات الثلاثة



توصيل المكثفات على التوازي

شكل ( ١٥ )

جـ = جـ١ = جـ٢ = جـ٣

والشحنة المكافئة للمكثفات الثلاثة تتوزع على المكثفات :

الشحنة الكلية لها ( سكـ ) = س١ + س٢ + س٣ ..... ( ١ )

عرفنا أن : س = جـ × سع

نعوض عن قيمة ( س) في العلاقة ( ١ ) فنحصل على العلاقة :

جـ × سعك = جـ × سع١ + جـ × سع٢ + جـ × سع٣

جـ × سعك = جـ ( سع١ + سع٢ + سع٣ )

وفي هذه الحالة فإن السعة الكلية للمكثفات ( سعك ) = سع١ + سع٢ + سع٣

أي أن السعة الكلية للمكثفات المتصلة في الدائرة الكهربائية على التوازي

■ **مثال ١ :** وصلت ثلاثة مكثفات سعاتها ( ٢,٤ ، ٦ ) ميكروفاراد، احسب السعة الكلية لها في حالة توصيلها على : ١ – التوالي ، ٢ – التوازي .

● **الحل :**

١ – في حالة التوصيل على التوالي : $\frac{١}{سع_{ك}} = \frac{١}{سع_{١}} + \frac{١}{سع_{٢}} + \frac{١}{سع_{٣}}$

بالتعويض عن سعة كل مكثف في العلاقة السابقة :

$\frac{١}{سع_{ك}} = \frac{١}{٢} + \frac{١}{٤} + \frac{١}{٦}$ ومنها :



el-online.net

$$\frac{١}{سع_{ك}} = \frac{٢+٣+٦}{١٢} = \frac{١١}{١٢}$$

$سع_{ك} = \frac{١٢}{١١}$ ميكروفاراد.

٢ – السعة الكلية في حالة توصيلها علي التوازي، نعوض في العلاقة:

$سع_{ك} = سع_{١} + سع_{٢} + سع_{٣}$ ومنها السعة الكلية ( $سع_{ك}$ )

= ٢ + ٤ + ٦ = ١٢ ميكروفاراد.

**نشـــاط :**

- نسق مع مدرس المادة أنت وبعض زملائك للقيام بزيارة لأحد محال إصلاح الأجهزة الالكترونية كالمذياع والتلفاز والفيديو.
- اطلب من صاحب المحل بأن يسمح لك وزملائك بمشاهدة لوحة كبيرة للأجهزة التالفة، وبمساعدة المدرس تعرف على شكل المكثف – وأنواعه ومقدار السعة المكتوبة على كل نوع، ودوِّن وحدة قياس السعة $\mu F$ واكتب العلاقة فيما بينها وبين وحدة الفاراد ( F )، بالإضافة إلى مشاهدة المكثف متغير السعة، واسأل المختص عن سبب عدم تدوين مقدار سعة بعض المكثفات عليها، ثم دون الإجابة.
- وبعد الانتهاء من هذه الزيارة، اكتب تقريراً علمياً عن المكثفات وأنواعها وطرق توصيلها في الدوائر الكهربائية، ووظيفة المكثفات متغيرة السعة وسبب عدم كتابة السعة عليها. وقدمها لزملائك في كلمة الطابور، أو انشرها في الصحيفة الحائطية للمدرسة، أو إذا استطعت جمع بعضها يمكنك الصاقها على ورق مقوى وعلقها على جدار الصف أو في الصحيفة الحائطية العلمية ، ثم اكتب سعة كل منها بخط واضح.



el-online.net

# تقويم الوحدة

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :**

**س١ : أكمل الفراغات في العبارات الآتيـــة :**

أ – يتم توصيل المكثفات الكهربائية بطريقتين هما : طريقة .....، وطريقة التوازي، والسعة الكلية المكافئة في حالة التوصيل على التوالي تعطى بالعلاقة.....، بينما في الحالة الثانية فالسعة المكافئة تعطى بالعلاقة.....

ب – يقاس فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين في موصل بالنظام الدولي للقياس بوحدة..... وقد اتفق على تسميتها باسم ..... بينما السعة الكهربائية تقاس بوحدة كولوم/فولت، واتفق على تسميتها باسم .....

جـ – كمية الشحنة اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار فولت واحد يطلق عليها..... بينما الشغل المبذول لنقل شحنة كهربائية من نقطة إلى أخرى في موصل يطلق عليه.....

**س٢ : ضع علامة (✓) أمام العبار الصحيحة، وعلامة (✗) أمام العبارة الخاطئة بين القوسين فيما يلي :**

أ – مكثف سعته ٢×١٠$^{-٦}$ فاراد، وفرق الجهد بين لوحيه ٥٠٠ فولت فإن الطاقة الكامنة فيه = ٠٫٢٥ جول. ( )

ب – المكثف ذو اللوحين المتوازيين مساحة كل منهما مختلفة. ( )

جـ – وجد بالتجارب العملية أن المواد العازلة في المكثف تجعله قابلاً للاستخدام تحت فرق جهد عال. ( )

د – القوة المؤثرة على وحدة الشحنة الكهربائية الموجبة تسمى الفولت. ( )



el-online.net

هـ – المجال الكهربائي يعتبر كمية متجهة لأنه يقاس بالقوة وهي كمية متجهة. ( )

**س٣ : اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس للعبارات الآتية :**

أ – عند وضع شحنة نقطية موجبة مقدارها ٥ × ١٠$^{-٧}$ كولوم في مجال كهربائي شدته ٣ × ١٠$^{٤}$ نيوتن/كولوم فإن القوة الكهروستاتيكية التي يؤثر بها المجال على الشحنة النقطية تساوي : ( ٠٫٠٢ نيوتن، ٠٫٣ نيوتن ، ٠٫٤ نيوتن، ٠٫٠١٥ نيوتن ).

ب – اتجاه المجال الكهربائي المتولد من شحنة موجبة يكون :

( خارجاً منها – داخلاً إليها – في اتجاهها ، لا شيء مما ذكر ).

جـ – الفرق في الجهد الكهربائي بين نقطتين عندما تبذل شحنة كهربائية موجبة مقدارها واحد كولوم شغلاً مقداره واحد جول للانتقال من إحدى النقطتين للأخرى يسمى : ( جول– فولت– أمبير– نيوتن ).

د – كمية الكهرباء اللازمة لتغيير جهد الموصل بمقدار واحد فولت يطلق عليها : ( الجهد – شدة المجال – السعة الكهربائية ).

**س٤ : علل العبارات الآتية تعليلاً علمياً :**

أ – العازل في المكثف الكهربائي يزيد من قدرته على العمل عند فرق جهد عال.

ب – تعد شدة المجال الكهربائي كمية متجهة.

**س٥ : عرِّف ما يلي :**

( شدة المجال الكهربائي – السعة الكهربائية ).

**س٦ : ثلاثة مكثفات سعاتها ( ٤ ، ٨ ، ١٦ ) ميكروفاراد، وصلت بدائرة كهربائية بطريقة التوالي والتوازي، ما السعة المكافئة لها في كل حالة؟**

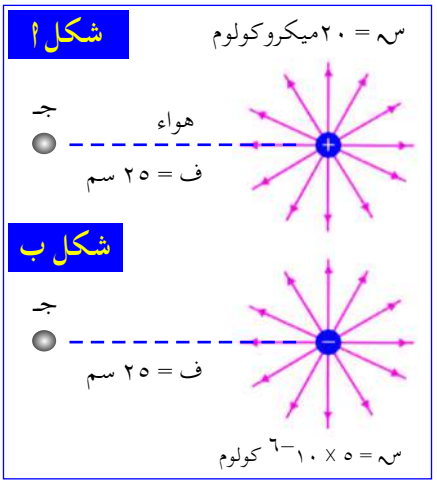
( ٢٫٢٩ ، ٢٨ )ميكرو فاراد.



el-online.net

س٧ : شحنتان كهربائيتان مقدار كل منهما ( ٥ ، ١٠ ) مللي كولوم ، والمسافة بينهما ١٠ سم، وضعتا في الهواء، ما مقدار القوة الكهروستاتيكية المؤثرة بينهما ؟ ( ٤٥ × ١٠^٦ نيوتن ) .

س٨ : مكثف كهربائي سعته الكهربائية ٥ × ١٠^-٦ فاراد، شحن بشحنة مقدارها ٢٠ كولوم، احسب فرق الجهد الكهربائي بين لوحيه .
( ٤ × ١٠^٦ فولت ) .




س٩ : استعن بالبيانات الموضحة بالشكلين (أ،ب) ثم احسب شدة المجال الكهربائي عند النقطة (جـ) في كل حالة .
الجواب : ( ٢٨٨ × ١٠^٤ نيوتن/كولوم ) ، ( ٧٢ × ١٠^٤ نيوتن/كولوم ) .

س١٠ : إذا كان فرق الجهد الكهربائي بين نقطتين موضوعتين في مجال كهربائي ٢٠ فولت، فما الشغل اللازم بذله لنقل شحنة موجبة قدرها ٤ ميكروكولوم؟ وإذا استبدلت الشحنة بشحنة أخرى موجبة مقدارها ٤ كولوم، فقارن مقدار الشغل المبذول في هذه الحالة مع الحالة الأولى، ثم فسّر الناتج في الحالتين. ( ٨ × ١٠^-٥ جول، ، ٨٠ جول )

س١١ : شحن مكثف سعته الكهربائية ٥ × ١٠^-٦ فاراد، وأصبح الجهد الكهربائي بين لوحيه ١١٠ فولت، ما مقدار الطاقة الكهربائية المختزنة فيه؟ ( ٢٥ر٣٠ × ١٠^-٣ جول )



el-online.net

**س١٢ : أكتب تقريراً علمياً لما عرفته عن المكثفات الكهربائية وعن فوائدها في الحياة.**

**س١٣ : أثبت بالتجريب العملي أن الشحنات الكهربائية تتراكم على السطوح الخارجية للأجسام المشحونة وليست على السطوح الداخلية.**

**س١٤ : وضح بالرسم تركيب مولد فان دي جراف، ثم وضح كيف تتولد الشحنات الكهربائية عليه.**

**س١٥ : ماذا يحدث في الحالات التالية :**

أ – إذا دلكت مشط على شعر رأسك وقربت قصاصات ورق منه.

ب – إذا قربت جسم مشحون بشحنة كهربائية موجبة إلى جسم آخر مشحون بنفس الشحنة.

**س١٦ : وضح بالرسم المجال المتكون لشحنة كهربائية موجبة وأخرى سالبة.**

**س١٧ : لماذا يستقيم شعر الرأس عندما يلامس شخص بيده الجسم الكروي لمولد فان دي جراف المشحون؟**

**س١٨ : ما المقصود بالفاراد؟ وما العلاقة بينه وبين الميكرو فاراد؟**

**س١٩ : لماذا يعد الفاراد وحدة لقياس السعة الكهربائية وحدة غير صالحة للتطبيق العملي في الأجهزة الإلكترونية؟**

**س٢٠ : مكثف ذو لوحين متوازيين المسافة بينهما ( ١ مم ) فإذا كانت سعة المكثف واحد فاراد. فما مساحة لوح المكثف؟**

**ثم فسر النتيجة.**

**س٢١ : استعن بإحدى اللوحات لأي جهاز إلكتروني ثم ارسم كل مكثف وحدد السعة المكتوبة عليه، واكتب فرق الجهد أيضاً.**



el-online.net

الوحدة السادسة

# التيـــار الكهـربـائـي

# The Electric Current

el-online.net

## أهداف الوحدة :

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :**

١ – تُعرِّف نوعي التيار الكهربائي وشدة التيار وتحدد سريانه في الموصلات الخارجية للمصدر، وفي نفس المصدر المولد له .

٢ – ترسم الدائرة الكهربائية الكاملة وتطبقها في تعيين شدة التيار وفرق الجهد والمقاومة الكهربائية .

٣ – تستنتج بالتجريب العملي قانون أوم وتتحقق من قوانين توصيلات المقاومات الكهربائية والأعمدة في الدوائر الكهربائية .

٤ – تصنف أنواع المقاومات بطريقة مباشرة من خلال مشاهدتك لبعض اللوحات الإلكترونية لبعض الأجهزة المتوافرة في بيئتك .

٥ – تحل مسائل رياضية متعلقة بالقوة الكهربائية الكلية لعدة أعمدة متصلة معاً في الدوائر الكهربائية بطرق مختلفة .

٦ – تحل مسائل رياضية لتعيين القوة الكهربائية الكلية لعدة مقاومات متصلة معاً في الدوائر الكهربائية بطرق مختلفة .

٧ – تكتسب ثقافة علمية وتوظفها في حياتك اليومية وفي دراستك اللاحقة .



el-online.net

# التيـــار الكهـربـائـي
## Electric Current

- **التيار الكهربائي وشدته (ت) :**

سبق وأن عرفت التيار الكهربائي وشدته وسريانه خلال الموصلات الكهربائية في الصف الثامن من المرحلة الدراسية السابقة.

- فما التيار الكهربائي؟
- وما سبب سريانه في الموصلات المعدنية؟
- وما شـــدتـــه ؟
- مر معك سابقاً التيار الكهربائي أنه عبارة عن سيل من الشحنات الكهربائية المتحركة خلال موصل كهربائي في اتجاه واحد، ويستمر مرور التيار عندما تكون حركة الشحنات مستمرة ومنتظمة، ووجود فرق جهد كهربائي بين طرفي الموصل والتي تمثل القوة الدافعة التي تدفع الشحنات الكهربائية عبر الموصلات الكهربائية الموصلة بين طرفي الموصل.

- **التيار الكهربائي نوعان :** الأول تيار كهربائي مستمر، ونحصل عليه من الأعمدة الكهربائية المختلفة وهو ثابت الاتجاه والشدة، بينما النوع الثاني فهو التيار المتردد، ونحصل عليه من المولدات في المحطات الكهربائية العامة والمستخدم في إضاءة المنازل والشوراع.
- **أما شدة التيار الكهربائى (ت) فهي :** كمية الشحنات الكهربائية التي تمر خلال مقطع معين من الموصل في الثانية الواحدة، ونعبر عن هذا التعريف بالعلاقة :

$$ت = \frac{س}{ز}$$ كولوم / ثانية.

وقد أصطلح على تسمية هذه الوحدة باسم: "**أمبيـــر**"، وتقاس بجهاز يسمى "**الأميتر**".

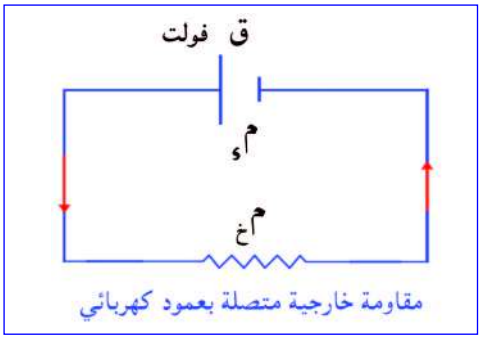
- **الدائرة الكهربائية الكاملة لتعيين القوة الدافعة لمصدر كهربائي :**

مرَّ معك في دراستك السابقة أن الصيغة الرياضية لقانون أوم $(م) = \frac{جـ}{ت}$، وسنستخدمه في هذا الصف في تعيين مقدار القوة الدافعة الكهربائية في الدائرة



el-online.net

الكاملة، نفترض سلك معدني موصل للكهرباء موصل بين قطبي عمود كهربائي أو بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ( ق ) فولت كما يبينه الشكل ( ١ ) . مقاومة البطارية الداخلية ( م$_{ء}$ ) أوم، ومقاومة الموصل الخارجية ( م$_{خ}$ ) أوم، عندما يمر تيار كهربائي خلال موصل شدته ( ت ) أمبير، فإن القوة الدافعة :



شكل ( ١ )

ق = ت × م$_{خ}$ + ت × م$_{ء}$

ومنها : ق = ت ( م$_{خ}$ + م$_{ء}$ ) فولت

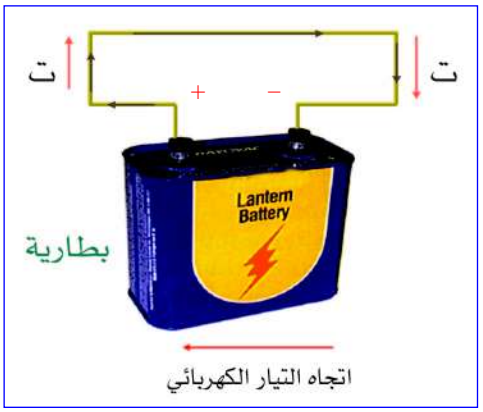
وشدة التيار المار في الدائرة : ت = $\frac{ق}{م_{خ} + م_{ء}}$ أمبير.

## ● تحديد اتجاه التيار الكهربائي خلال موصل متصل بقطبي مصدر كهربي :

لاحظ الشكل ( ٢ ) التيار الكهربائي المار عبر الموصل يتجه خارجاً من القطب الموجب إلى القطب السالب خلال الدائرة ( الاتجاه الاصطلاحي )، وهو نفس اتجاه حركة الشحنات الموجبة، أما الالكترونات فتتحرك في اتجاه معاكس لاتجاه التيار في الموصل، أما داخل المصدر فإن اتجاه التيار يكون من القطب السالب إلى القطب الموجب.

### نشاط ١ :

- حاول الحصول على جهاز أميتر، أو مللي أميتر، وعمود جاف ١,٥ فولت ثم صل طرفي الجهاز بقطبي العمود، ولاحظ اتجاه انحراف المؤشر.
- أعكس التوصيل السابق، ولاحظ اتجاه انحراف مؤشر الجهاز.
- ماذا تستنتج؟



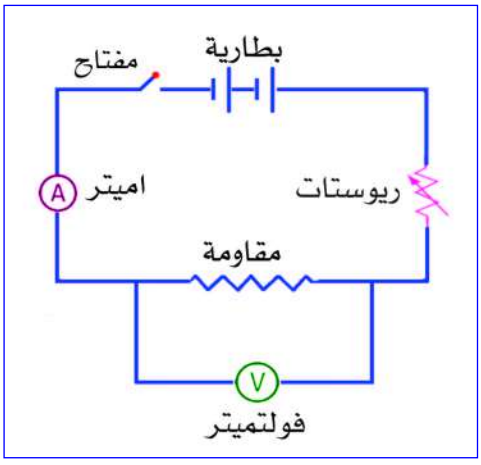
شكل ( ٢ )



el-online.net

## ● استنتاج قانون أوم عملياً :

أجرى أوم عدة تجارب عملية في المختبر لدراسة العلاقة بين فرق الجهد الكهربائي بين طرفي موصل ( جـ ) متصل في دائرة كهربائية وبين شدة التيار المار في نفس الموصل ( ت ) عند ثبوت درجة حرارة الموصل .




شكل ( ٣ )

والشكل ( ٣ ) يبين الدائرة الكهربائية والأدوات التي استخدمها لدراسة تلك العلاقة، وقد حصل على عدة قراءات لكل من فرق الجهد ( جـ )، وشدة التيار ( ت )، ورسم بينهما علاقة بيانية وحصل على خط مستقيم، وفسر تلك العلاقة البيانية تفسيراً علمياً ومن خلالها استنتج قانون نصه كما يلي :

**● شدة التيار الكهربائي المار في موصل كهربائي تتناسب تناسباً طردياً مع فرق الجهد بين طرفي الموصل عندما تكون درجة حرارة الموصل ثابتة .**

ارجع إلى دليل كتاب التجارب العملية .

والتعبير الرياضي للنص السابق هو كما يأتي :

جـ $\propto$ ت أي أن : جـ = ثابت × ت .

والمقدار الثابت أطلق عليه " **المقاومة الكهربائية** " يرمز لها بالرمز ( **م** )، ووحدة قياسها "**فولت / أمبير**" واتفق على تسميتها باسم "**أوم**" والعلاقة السابقة تكتب :

$$م = \frac{جـ}{ت} \quad \text{أوم} .$$

وعند تطبيق هذه العلاقة على الدوائر الكهربائية الكاملة لتعيين مقدار شدة التيار الكهربائي فإن :

$$ت = \frac{هـ}{م_{خ} + م_{ء}} \quad \text{أمبير} .$$



el-online.net

## ملحوظة للاطلاع الذاتي

هناك عوامل تتوقف عليها المقاومة الكهربائية لموصل كهربائي منتظم أهمها :

١ – **نوع مادة الموصل** : حيث وجد أن مقاومة موصل تختلف من موصل إلى آخر.

٢ – **طول الموصل (ل)** : وجد أن (م) تتناسب تناسباً طردياً مع ( ل ) عند ثبوت مساحة المقطع والحرارة.

٣ – **مساحة المقطع (س) للموصل** : حيث أن مقاومة موصل ( م ) تناسباً عكسياً مع مساحة مقطعة ( س ).

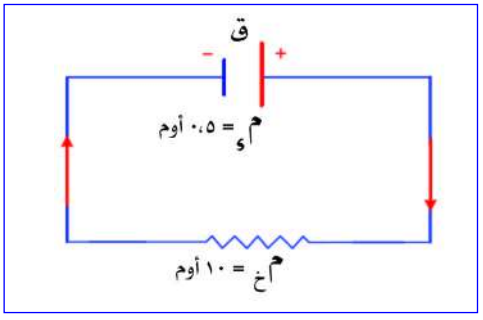
٤ – **درجة الحرارة** : حيث وجد أن المقاومة تزداد في الموصل بزيادة درجة حرارته، أي أن المقاومة تتناسب تناسباً طردياً مع درجة حرارة الموصل.

وقد تم ربط العوامل السابقة بعلاقة رياضية كما يأتي :

$$م = \frac{\rho \times ل}{س}$$

حيث الحرف ( $\rho$ ) حرف لاتيني لفظه "رو" ويعني المقاومة النوعية للمادة، وهي إحدى خواص المادة، وتعرف بأنها : مقدار مقاومة موصل منتظم من المادة طوله واحد متر، ومساحة مقطعه واحد متر مربع، وسوف تتناولها بالتفصيل في دراستك القادمة إن شاء الله.

■ **مثال ١** : لاحظ الشكل ( ٤ )، يمر عبر الموصل تيار كهربائي شدته ٢ أمبير، والمقاومة للموصل ١٠ أوم، احسب القوة الدافعة الكهربائية للعمود إذا كانت مقاومته الداخلية ٠,٥ أوم.



شكل ( ٤ )

■ **الحل** : $ت = \frac{ق}{م_{خ} + م_{و}}$

بالتعويض عن القيم المعطاة في المثال ينتج :

$$٢ = \frac{ق}{١٠ + ٠,٥}$$

ومنها : "ق" القوة الدافعة الكهربائية للعمود = ٢٠ + ١ = ٢١ فولت.



el-online.net

■ **مثال ٢ :** بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ٢٤ فولت ومقاومتها الداخلية ٠,٥ أوم، وصلت بمقاومة خارجية، فكانت شدة التيار المار فيها ٢ أمبير – كما يوضحه الشكل ( ٥ )، ما مقدار المقاومة الخارجية المتصلة بقطبي البطارية ؟

■ **الحـل :** بالتعويض في العلاقة : ت = $\frac{\text{ق}}{\text{م}_{\text{خ}} + \text{م}_{\text{ى}}}$ بالقيم المعطاه ينتج :

٢ = $\frac{٢٤}{\text{م}_{\text{خ}} + ٠,٥}$ ومنها ( م$_{\text{خ}}$ ) مقدار المقاومة الخارجية = **١١,٥** أوم .

■ **مثال ٣ :** بطارية قوتها الدافعة الكهربائية ١٢ فولت، وصل قطباها بموصل مقاومته ٢ أوم، فمر فيه تيار شدته ٤ أمبير، احسب مقدار المقاومة الداخلية للبطارية، وإذا أهملت المقاومة الداخلية للبطارية، شكل ( ٦ )، هل ستتغير قيمة شدة التيار؟ . . فسّر ذلك .

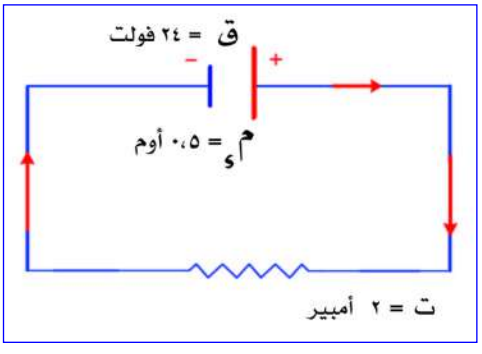
■ **الحـل :** بالتعويض في العلاقة : ت = $\frac{\text{ق}}{\text{م}_{\text{خ}} + \text{م}_{\text{ى}}}$ بالقيم المعطاه ينتج :

٤ = $\frac{١٢}{٢ + \text{م}_{\text{ى}}}$ ، ومنها م$_{\text{ى}}$ = ١ أوم

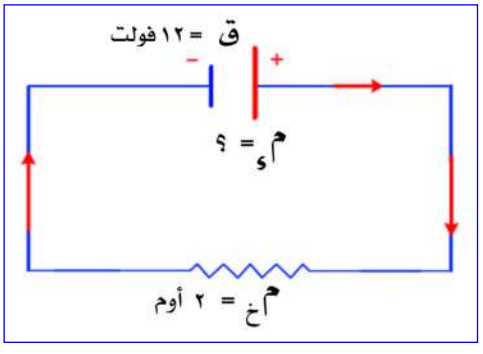
● **قيمة شدة التيار إذا اهملت (م$_{\text{ى}}$) للبطارية :** ت = $\frac{١٢}{٢}$ = ٦ أمبير .

● نعم تتغير قيمة شدة التيار عند إهمال ( م$_{\text{ى}}$ ) للبطارية .

● التفسير: يلاحظ أنه عند حساب المقاومة الداخلية للبطارية كانت قيمة شدة التيار ٤ أمبير، بينما عند إهمال ( م$_{\text{ى}}$ ) فإن قيمة شدة التيار زادت وأصبحت ٦ أمبير، وهذا يدل على أنه إذا كانت مقاومة الدائرة الكهربائية صغيرة تكون شدة التيار كبيرة، والعكس صحيح .




شكل ( ٥ )

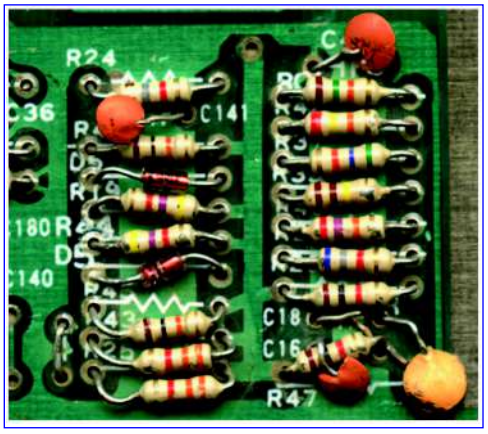


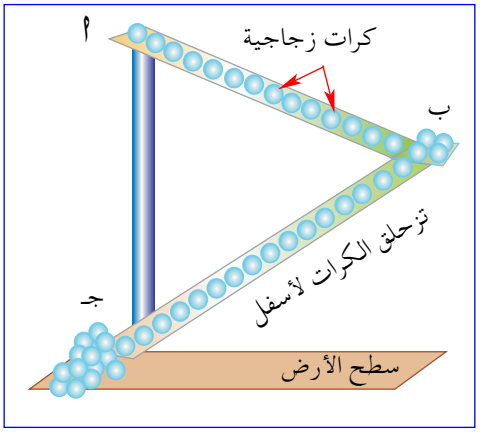

شكل ( ٦ )



el-online.net

# المقاومة الكهربائية
## Electric Resistance




شكل ( ٧ ): توضيح معنى المقاومة

لاحظ الشكل ( ٧ ) الكرات الموضوعة عند النقطة (أ) تتزحلق إلى أسفل بفعل فرق الارتفاع بين النقطتين ( أ ، ب )، والآن حدد النقطة الموضحة بالشكل التي تجد الكرات فيها عرقلة لحركتها، .. ما سبب ذلك؟

بالمثل عند مرور تيار كهربائي في الموصلات المعدنية الموصَلة بمصدر تيار كهربائي، فإن التيار الكهربائي أثناء سريانه في الموصل يلاقي إعاقة في حركته تنشأ بسبب الجزيئات والذرات المكونة للمادة الموصلة، وهذه الإعاقة يطلق عليها "المقاومة الكهربائية"، ويرمز لها بالرمز ( م )، وقد مر معك دراسة المقاومة الكهربائية في الصف الثامن الأساسي، يمكن العودة لذلك الموضوع ثم الإجابة عن السؤال التالي :

ما المقصود بالمقاومة الكهربائية ؟.. وعلامَ يتوقف مقدارها ؟

### نشاط ٢ :

استعن بلوحة لأحد الأجهزة الإلكترونية التالفة مثل: تلفون أو جهاز مذياع أو مسجل.. بالتعاون مع زملائك ومساعدة مدرس المادة في التعرف على أشكال المقاومات، وعدد الألوان الدائرية الموضوعة على كل مقاومة وعدد أطراف كل منها، وارسم الرمز الدال على المقاومة من اللوحة، ثم اطلب من المدرس أن يعرفك على شكل المقاومة المتغيرة ثم أجب عما يلي :



el-online.net

١ – ما وظيفة المقاومة في الدائرة؟

٢ – على ماذا تدل الألوان المثبتة على المقاومات؟

٣ – كيف تتحكم بزيادة أو نقص شدة الصوت في جهاز التلفاز أو المذياع ؟ . .ولماذا؟

قم بعرض الإجابات على مدرسك للتأكد من صحتها.

شكل ( ٨ )

وللمقاومات الكهربائية استخدامات كثيرة في الصناعات الإلكترونية الحديثة التي نتداولها في حياتنا مثل: المذياع، التلفاز، التليفون بأنواعه الثابت والنقال، الكمبيوتر، وكل الأجهزة الحديثة الكهربائية والإلكترونية للتحكم في التيار الكهربائي المار في دوائرها، والمقاومات الكهربائية منها الثابتة ومنها المتغيرة مثل الريوستات، ومفتاح التلفاز أو المذياع . .الخ، انظر الشكل ( ٨ ).

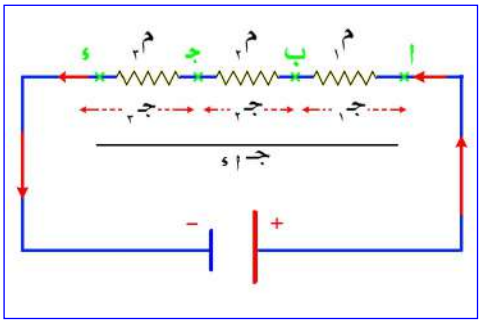
توصل المقاومات الكهربائية في الدوائر الكهربائية والإلكترونية بعدة طرق ومن هذه الطرق ما يأتي:

- **الطريقة الأولى: طريقة التوصيل على التوالي:**
- **الطريقة الثانية: طريقة التوصيل على التوازي:**

لماذا توصل المقاومات الكهربائية على التوالي أو التوازي في دوائر الأجهزة الإلكترونية المختلفة؟

يمكنك استنتاج الإجابة بعد عرض طريقتي التوصيل كما يلي :

**١ – طريقة التوصيل على التوالي:** لاحظ الشكل ( ٩ )، يبين توصيل ثلاث مقاومات م١، م٢، م٣ على التوالي في دائرة كهربائية.




شكل ( ٩ )

الجهد الكهربائي الكلي للدائرة ( جـ ) يتجزأ بين أطراف المقاومات الثلاث، فرق الجهد بين النقطتين ( ا ، ب ) للمقاومة ( م١ ) = جـ١، فرق الجهد بين



el-online.net

النقطتين ( ب ،جـ) للمقاومة ( م٢ ) = جـ٢ ، فرق الجهد بين النقطتين ( جـ ،ء ) للمقاومة ( م٣ ) = جـ٣ كما في الشكل السابق.

جـ١ء = جـ١ + جـ٢ + جـ٣ ..... ( ١ )

ومن قانون أوم تصبح المعادلة السابقة كما يلي :

م ك × ت = ت × م١ + ت × م٢ + ت × م٣ ..... ( ٢ )

لأن شدة التيار المار في كل مقاومة من المقاومات الثلاث متساوٍ، فإن التيار الكلي :

( ت ) = ت١ = ت٢ = ت٣ = . . .

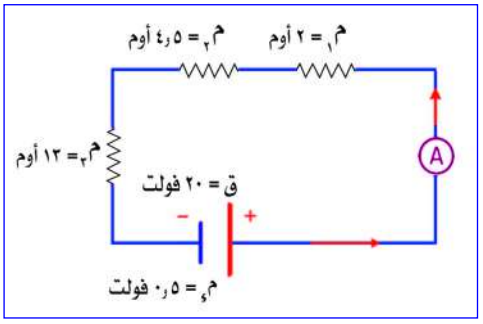
فهو لا يتجزأ في الدائرة

م ك × ت = ت ( م١ + م٢ + م٣ ) ..... ( ٣ )

∴ م ك = م١ + م٢ + م٣ ..... ( ٤ )

أي أن المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً في دائرة على التوالي تساوي مجموع المقاومات.

■ **مثال ١** : استعن بالبيانات الموضحة بالشكل، ثم احسب شدة التيار الكهربائي المارة في جهاز الأميتر.




شكل ( ١٠ )

■ **الحـــل** : من قانون أوم : ت = $\frac{\text{ق}}{\text{م ك} + \text{م ء}}$

المقاومة المكافئة للمقاومات ( م ك ) :

م ك = م١ + م٢ + م٣

م ك = ٢ + ٤٫٥ + ١٣

م ك = ١٩٫٥ أوم

شدة التيار المار في جهاز الأميتر ( ت ) = $\frac{\text{ق}}{\text{م ك} + \text{م ء}}$

وبالتعويض عن قيمة ق، م ك ، م ء => ت = $\frac{٢٠}{١٩٫٥ + ٠٫٥}$

ت = $\frac{٢٠}{٢٠}$ = ١ أمبير.

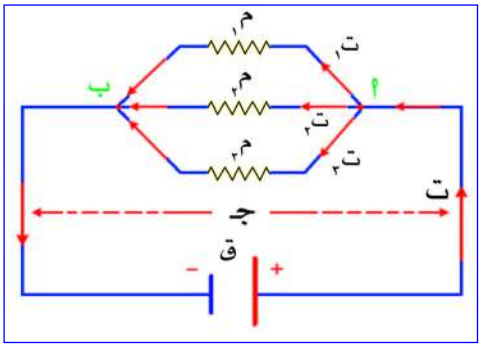


el-online.net

**١ – طريقة التوصيل على التوازي:** لاحظ الشكل ( ١١ ) المقابل، يبين طريقة توصيل ثلاث مقاومات على التوازي ( م١، م٢، م٣ ) بالدوائر الكهربائية.

فرق الجهد الكهربائي بين النقطتين (أ ،ب ) يساوي ( جـ) للدائرة الكهربائية.

بينما شدة التيار الكلي المار في الدائرة يتجزأ عند النقطة (أ) إلى ت١، ت٢ ، ت٣ ومنها فإن شدة التيار الكلي:



شكل ( ١١ )

$$(ت) = ت_١ + ت_٢ + ت_٣ \quad \ldots\ldots\ldots (١)$$

ومن قانون أوم : $ت = \frac{جـ}{م}$ ..... ( ٢ )

نعوض عن قيم التيار المار في كل مقاومة كما يوضحه الشكل السابق في العلاقة ( ١ ) من العلاقة ( ٢ ) نحصل على العلاقة الآتية:

$$\frac{جـ}{م_{ك}} = \frac{جـ}{م_١} + \frac{جـ}{م_٢} + \frac{جـ}{م_٣}$$

ومنها : $\frac{\cancel{جـ}}{م_{ك}} = \cancel{جـ}\left(\frac{١}{م_١} + \frac{١}{م_٢} + \frac{١}{م_٣}\right)$

وبعد الاختصار تصبح العلاقة السابقة :

$$\frac{١}{م_{ك}} = \frac{١}{م_١} + \frac{١}{م_٢} + \frac{١}{م_٣} \quad \ldots\ldots\ldots (٣)$$

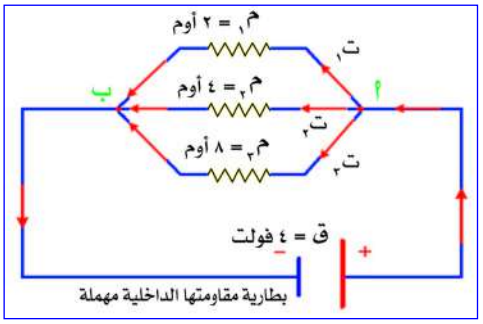
يتضح من العلاقة ( ٣ ) أن مقلوب المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً في دائرة كهربائية على التوازي يساوي مجموع مقلوبات هذه المقاومات.

■ **مثال ١** : استعن بالبيانات المبينة في الشكل المقابل ( ١٢ )، ثم احسب شدة التيار الكهربائي المار عند النقطة ( ب ).

■ **الحل:** المقاومة المكافئة ( م$_{ك}$ ) نحسبها من العلاقة ( ٣ ).

وبالتعويض عن قيم ( م١ ، م٢، م٣ ) نحصل على:

$$\frac{١}{م_{ك}} = \frac{١}{٢} + \frac{١}{٤} + \frac{١}{٨}$$



شكل ( ١٢ )



el-online.net

$$\frac{\text{١}}{\text{م}_{\text{ك}}} = \frac{\text{١ + ٢ + ٤}}{\text{٨}} = \frac{\text{٧}}{\text{٨}}$$

ومنها $\text{م}_{\text{ك}} = \frac{\text{٨}}{\text{٧}}$ أوم.

شدة التيار المار في النقطة ( ب ) ، نطبق قانون أوم كما يلي :

$$\text{ت} = \frac{\text{جـ}}{\text{م}_{\text{ك}}} = \text{٤} \times \frac{\text{٧}}{\text{٨}} = \text{٣,٥}$$ أمبير.

**ملحـوظـة :**

لقد أمكن التحقق من المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً في دائرة كهربائية على التوالي والتوازي، ارجع إلى كتاب دليل التجارب لإجراء التجربة.

## الأعمـدة الكهـربـائيـة
## Electric Cells

شكل ( ١٣ )

مر معك في السنوات السابقة من دراستك أن الأعمدة الكهربائية هي مصادر الكهرباء، وتختزن فيها الطاقة الكهربائية على صورة طاقة كيميائية، وعند توصيلها في الدوائر الكهربائية تتحول هذه الطاقة الكيميائية المختزنة، إلى طاقة كهربائية.

الأعمدة الكهربائية توجد على عدة أشكال وأحجام مختلفة تلائم الأجهزة التي تستخدم فيها – لاحظ الشكل ( ١٣ )، وهي تستخدم كثيراً في حياتنا الخاصة والعامة.

وتوصل في الدوائر الكهربائية بعدة طرق مختلفة للحصول على قوة دافعة كهربائية كبيرة أو صغيرة بحسب الحاجة ونذكر من هذه الطرق ما يأتي :

١ – طريقة التوصيل على التوالي.

٢ – طريقة التوصيل على التوازي.

٣ – طريقة التوصيل على التضاعف.

ونستعرض هذه الطرق كما يلي :

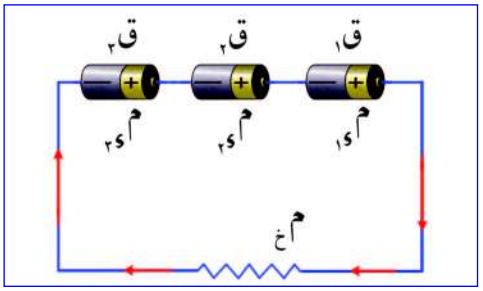
**١ – طريقة التوصيل على التوالي :** لاحظ الشكل ( ١٤ ) الذي يبين طريقة توصيل ثلاثة



el-online.net

أعمدة ( ق١ ، ق٢ ، ق٣ )، المقاومة الداخلية ( م ) للأعمدة متساوية، ما الغرض من توصيل الأعمدة الكهربائية بهذه الطريقة؟

ولحساب القوة الدافعة الكهربائية المكافئة ( ق ) للأعمدة الثلاثة في هذه الطريقة :



شكل ( ١٤ ) : طريقة توصيل الأعمدة الكهربائية على التوالي

( ق ) = ق١ + ق٢ + ق٣ .... ( ١ )

وهذا يعني أن القوة المكافئة تساوي مجموع قوة كل عمود على حدة.

إذا افترضنا أن المقاومة الداخلية لكل عمود ( م ) أوم، وتم توصيل الأعمدة بمقاومة خارجية ( م خ ) أوم، انظر الشكل السابق.

فكيف نحسب مقدار شدة التيار الكهربائي المار في هذه الدائرة؟

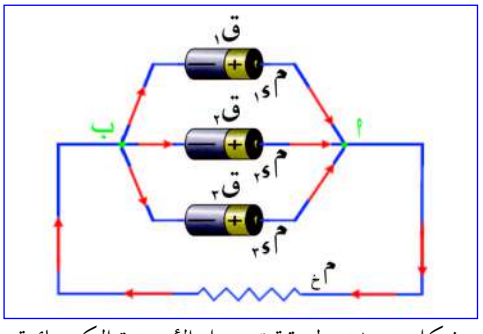
عرفنا مما سبق أن شدة التيار الكهربائي تحسب من العلاقة :

$$\text{ت} = \frac{\text{القوة الدافعة الكهربائية المكافئة}}{\text{المقاومة الكلية المكافئة للدائرة}} = \frac{\text{ق١ + ق٢ + ق٣ + ....}}{\text{م خ + ( م١ + م٢ + م٣ + .. )}} \quad \text{..... ( ١ )}$$

العلاقة ( ١ ) للأعمدة بصورة عامة عندما تكون غير متماثلة، بينما إذا كانت متماثلة فإن شدة التيار :

$$\text{( ت )} = \frac{\text{عدد الأعمدة X قوة أحد الأعمدة}}{\text{م خ + ( عدد الأعمدة X م )}} \quad \text{..... ( ٢ )}$$

حيث ( م خ ) المقاومة الخارجية، م المقاومة الداخلية للعمود، ( ق ) القوة الدافعة الكهربائية للعمود.



شكل ( ١٥ ) :طريقة توصيل الأعمدة الكهربائية على التوازي

**١ - طريقة التوصيل على التوازي:** يتم توصيل الأعمدة الكهربائية في هذه الطريقة كما يوضحه الشكل ( ١٥ )،



el-online.net

فإذا افترضنا أننا وصلنا ثلاثة أعمدة قوة كل منها : ( ق١ ، ق٢ ، ق٣ )، وأن المقاومة الداخلية للعمود الأول ( م١ )، والعمود الثاني ( م٢ )، والعمود الثالث ( م٣ )، وهذه الأعمدة تكوّن بطارية قطباها تمثله النقطتان (أ،ب )، ومتصل بهذه البطارية مقاومة خارجية ( مخ ) أوم.

وفي هذه الطريقة فإن القوة الدافعة الكهربائية المكافئة للدائرة = قوة عمود واحد .

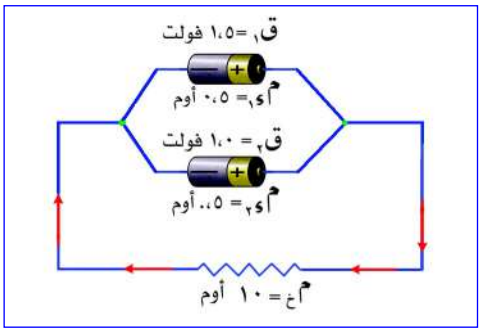
فكيف نحسب شدة التيار الكهربائي الذي يمر في هذه الدائرة؟

إذا أردنا معرفة مقدار شدة التيار الكهربائي المارفي الدائرة فإننا نطبق العلاقة الآتية :

$$\text{ت} = \frac{\text{قوة عمود واحد}}{\text{مخ} + \frac{\text{م}_{\text{ء}}}{\text{عدد الأعمدة}}} = \frac{\text{ن} \times \text{ق}}{\text{ن} \times \text{مخ} + \text{م}_{\text{ء}}} \quad \ldots\ldots\ldots (١)$$

وهذه العلاقة تطبق عندما تكون الأعمدة الكهربائية الموصلة بالدائرة متماثلة، حيث ( مخ ) تعني المقاومة الخارجية، مء المقاومة الداخلية للعمود الكهربائي .

■ **مثال ١** : لاحظ الشكل ( ١٦ ) المقابل واستعن بالبيانات المبينة عليه لحساب شدة التيار المار في الدائرة .




شكل ( ١٦ )

■ **الحـل** : نطبق العلاقة ( ١ ) السابقة :

شدة التيار المار في الدائرة :

$$(\text{ت}) = \frac{\text{قوة عمود واحد}}{\text{مخ} + \frac{\text{م}_{\text{ء}}}{\text{عدد الأعمدة}}}$$

بالتعويض عن القيم المبينة في الشكل في العلاقة السابقة نجد أن شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة : ت =

$$\frac{١٫٥}{١٠ + \frac{٠٫٥}{٢}} = \frac{١٫٥}{٢٠ + ٠٫٥}$$

$$\text{ت} = \frac{١٫٥ \times ٢}{٢٠٫٥} = \frac{٣٠}{٢٠٥} = ٠٫١٤٦ \text{ أمبير تقريباً}$$

وبعد أن عرضنا طريقة توصيل الأعمدة المتماثلة بطريقة التوالي والتوازي في الدوائر الكهربائية، فما الغرض من توصيل الأعمدة الكهربائية في هاتين الطريقتين ؟

حاول الإجابة عليه بعد أن تستوعب ما سبق عرضه .



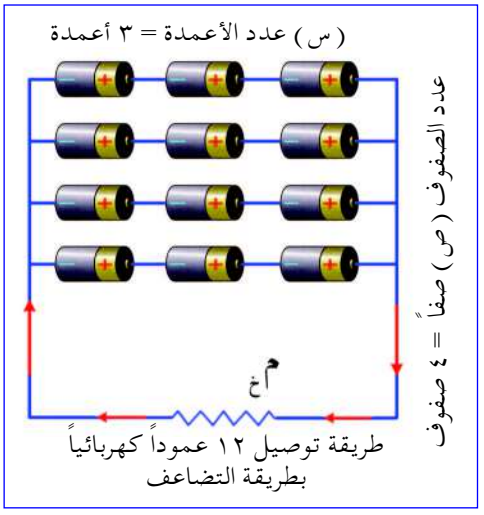
el-online.net

## نشـاط ٣ :

١ – حاول الحصول على عمودين أو ثلاثة أعمدة متماثلة، وأميتر، ثم صلها بهذه الطريقة وتحقق من شدة التيار من قراءة الأميتر.

٢ – حاول الحصول على مصباح كهربائي صغير كالمستخدم في كشاف الجيب، وصل الطرف السفلي له بسلك متصل بطريقتي توصيل الأعمدة في الحالتين السابقتين، والطرف الآخر المتصل بالقطب الآخر للأعمدة بالقطعة النحاسية للمصباح، وقارن شدة إضاءته في الحالتين، ثم فسّر ذلك.

**٣ – طريقة التوصيل على التضاعف :** يتم في هذه الطريقة توصيل الأعمدة كما هو مبين بالشكل ( ١٧ ) فإذا افترضنا أننا نريد توصيل ١٢ عموداً كهربائياً بالطريقة المذكورة فإن الأعمدة ترتب كما يلي :




شكل ( ١٧ )

توصل الأعمدة المتماثلة في صفوف عددها يرمز لها بالرمز ( ص ) صفاً متصلة معاً على التوازي، كل صف من الصفوف السابقة يتكون من عدد من الأعمدة، ويرمز لها بالرمز ( س ) عموداً، توصل مع بعضها البعض على التوالي عند توصيل جميع الأعمدة بهذه الطريقة بمقاومة خارجية م خ أوم، والمقاومة الداخلية لكل عمود ( م$_{ء}$ ) أوم.

ولحساب شدة التيار الكهربائي ( ت ) نطبق العلاقة التالية :

$$ت = \frac{س \times ق}{م_{خ} + \frac{س \times م_{ء}}{ص}}$$

وبعد المعالجة الرياضية لهذه العلاقة تصبح

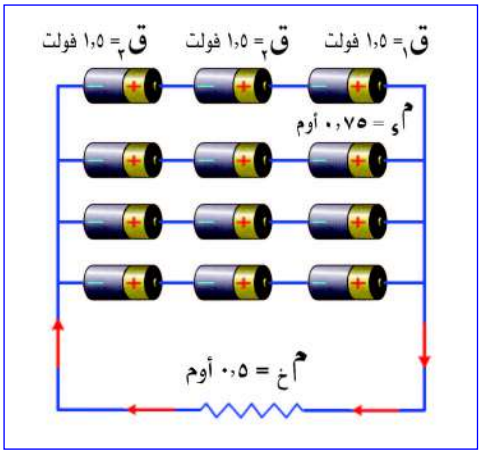
$$ت = \frac{س \times ص \times ق}{ص \times م_{خ} + س \times م_{ء}} \quad \text{أمبير} \qquad \ldots\ldots\ldots ( ١ )$$

ومن العلاقة ( ١ ) يمكن حساب مقدار شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة.



el-online.net

■ **مثال ١ :** بطارية مكونة من ١٢ عموداً كهربائياً متماثلاً، رتبت في صفوف عددها ٤ صفوف على التوازي، كل صف يتكون من ٣ أعمدة كهربائية على التوالي وصلت جميعها بمقاومة خارجية مقدارها ٠٫٥ أوم، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية لكل عمود ١٫٥ فولت، والمقاومة الداخلية لكل عمود ٠٫٢٥ أوم، ما مقدار شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة؟ كما في الشكل ( ١٧ ) .



شكل ( ١٧ )

■ **الحـل :** عدد الصفوف التي رتبت فيها الأعمدة في الدائرة ( ص ) = ٤ صفوف .

عدد الأعمدة المرتبة في كل صف ( س ) = ٣ أعمدة .

قوة كل عمود ١٫٥ فولت، المقاومة الخارجية ( م خ ) = ٠٫٥ أوم .

$$\text{ت} = \frac{\text{س} \times \text{ص} \times \text{ق}}{\text{ص} \times \text{م خ} + \text{س} \times \text{م}_{1}}$$

$$\therefore \text{ت} = \frac{(٣ \times ٤ \times ١٫٥)}{((٤ \times ٠٫٥) + (٣ \times ٠٫٢٥))} = \frac{(٤٫٥ \times ٤)}{(٢ + ٠٫٧٥)}$$

$$= \frac{١٨}{٢٫٧٥} = ٦٫٥ \text{ أمبير تقريباً .}$$



el-online.net

## تقويم الوحدة

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :**

**س١ : أكمل الفراغات في العبارات الآتيـــة :**

أ – المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً على التوالي يعبر عنها بالعلاقة .... وفي حالة التوصيل على التوازي فإن المقاومة المكافئة يعبر عنها بالعلاقة .....

ب – في حالة توصيل عدة أعمدة كهربائية متماثلة على التوالي فإن القوة الدافعة المكافئة لها تساوي ..... وفي حالة التوازي فإن القوة الدافعة الكهربائية المكافئة تساوي .....

**س٢ : ضع علامة ( ✓ ) أمام العبار الصحيحة، وعلامة ( ✗ ) أمام العبارة الخطأ بين القوسين فيما يلي :**

أ – القوة الدافعة الكهربائية وفرق الجهد لبطارية يتساويان عندما تكون الدائرة مفتوحة. ( )

ب – تقاس القوة الدافعة الكهربائية لعمود جاف بوحدة تسمى الأمبير. ( )

جـ – المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً على التوازي أكبر من المقاومة المكافئة لنفس المقاومات عند توصيلها على التوالي. ( )

د – كمية الشحنات الكهربائية التي تمر خلال مقطع معين من الموصل في الثانية الواحدة يطلق عليه شدة التيار الكهربائي. ( )

**س٣ : اختر الإجابة الصحيحة من بين الأقواس للعبارات الآتية :**

أ – عندما تكون، شدة التيار الكهربائي المار في دائرة كهربائية = صفراً، فإن : ( ق = جـ)، ( ق ≠ جـ)، ( الإجابتان ١ ، ٢ )، ( لا شي مما ذكر )

ب – النسبة بين فرق الجهد ( جـ) وشدة التيار الكهربائي المار في موصل عند ثبوت درجة حرارته تكون :



el-online.net

( متغيرة ) ، ( ثابتة ) ، ( صفراً ) ، ( لا شي مماذكر )

جـ – وصلت ثلاث مقاومات قيمها ( ٢ ، ٥ ، ٣ ) أوم فإن المقاومة المكافئة لها = ١٠أوم هذا يعني أنها وصلت بطريقة :

( التوازي ) ، ( التضاعف ) ، ( التوالي ) ، ( الإجابتان ١ ، ٣ )

د – مر تيار كهربائي شدته ٢ أمبير في موصل مقاومته ١٠أوم، والمقاومة الداخلية للعمود ٠,٥ أوم فإن القوة الدافعة للعمود تساوي: ( ٧ ، ١٠ ، ٢٠ ، ٢١ ) فولت.

**س٤ : علل العبارات الآتية تعليلاً علمياً :**

أ – توصل عدة أعمدة كهربائية في بعض الدوائر الكهربائية على التوالي.

ب – توصل في بعض الأجهزة الإلكترونية كالمذياع والتلفاز مقاومة كهربائية متغيرة.

**س٥ : عـــرِّف ما يلـــي:**

( التيار المستمر – المقاومة الكهربائية – شدة التيار الكهربائي )

**س٦ : وصلت أربع مقاومات كهربائية قيمها ( ٣ ، ٢ ، ٥ ، ١٠ ) أوم بطريقتين هما** : أولاً : على التوالي، ثانياً : على التوازي، وصلت في الحالتين السابقتين ببطارية قوتها الدافعة ٢٠ فولت، علماً بأن المقاومة الداخلية للبطارية مهملة، احسب شدة التيار الكهربائي المار في كل حالة، وفسر النتيجة. الاجابة : ( ١، ٢٢,٧أمبير )

**س٧ : وصلت أربعة أعمدة كهربائية قوة كل منها ١,٥ فولت والمقاومة الداخلية لكل منها ( ٠,٥ ) أوم، وصلت معها مقاومة خارجية مقدارها ١٠٠ أوم، احسب شدة التيا المار في الدائرة في حالة التوصيل على: التوالي، والتوازي.** ( ٠,٠٦ ، ٠,٠١٥أمبير ).

**س٨ : وصل ٤٥ عموداً كهربائياً على التضاعف بدائرة كهربائية لتكون بطارية رتبت في ١٥ صفاً على التوازي، وكل صف يتكون من ٣ أعمدة على**



el-online.net

**التوالي، وصلت بمقاومة خارجية مقدارها( ٠,٥ ) أوم، علماً بأن القوة الدافعة الكهربائية لكل عمود ١,٥فولت، والمقاومة الداخلية لكل عمود ( ٢,٥ )أوم، احسب مقدار شدة التيار الكهربائي المار في الدائرة.**

( ٤,٥ أمبير ).

**س٩ : كيف يمكنك استنتاج ما يلي بالتجريب العملي :**

أ – أن القوة الدافعة الكهربائية لعدة أعمدة متصلة معاً في دائرة على التوالي نحصل منها على قوة كهربائية كبيرة، بينما في حالة توصيل الأعمدة السابقة على التوازي نحصل على قوة كهربائية صغيرة، وضح إجابتك بالرسم.

ب – قانون أوم.

جـ – المقاومة المكافئة لعدة مقاومات متصلة معاً على التوالي تساوي مجموع قيمها.

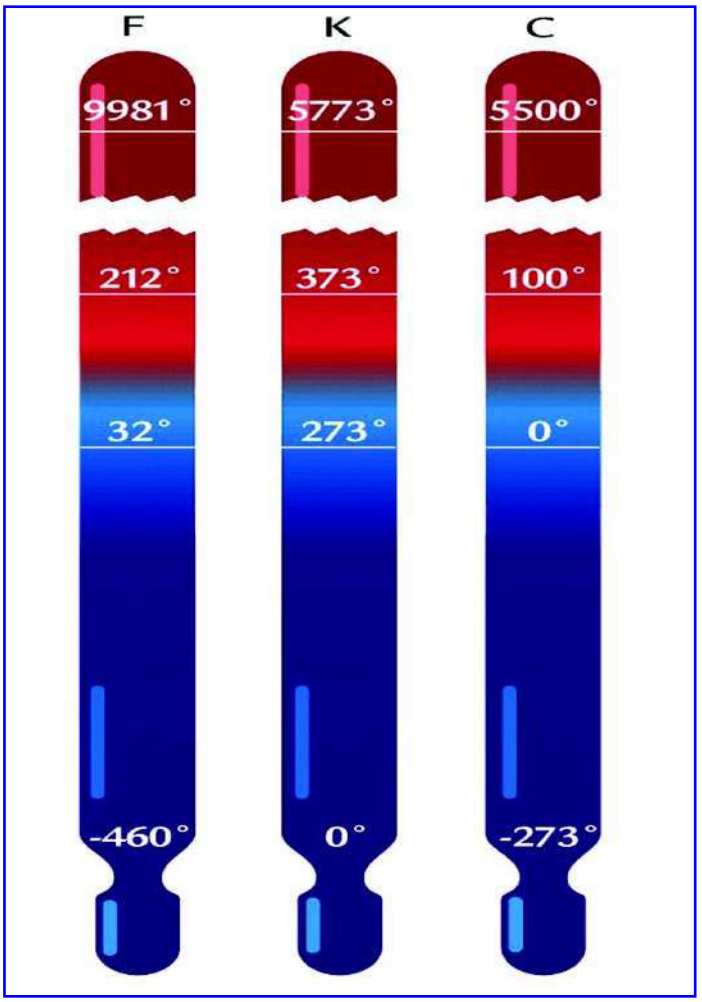


el-online.net

الوحدة السابعة

# القيـــاســـات الحـــراريـــة
# Heat Measurements

قال تعالى : ﴿ أَفَرَءَيْتُمُ ٱلنَّارَ ٱلَّتِى تُورُونَ ﴿٧٠﴾ ءَأَنتُمْ أَنشَأْتُمْ شَجَرَتَهَآ أَمْ نَحْنُ ٱلْمُنشِـُٔونَ ﴿٧١﴾ ﴾ صدق الله العظيم [ الواقعة ٧٠-٧١ ]






el-online.net

## أهداف الوحدة :

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :**

١ – تعرف الآتي : كمية الحرارة، درجة الحرارة، الحرارة النوعية، السعة الحرارية، الصفر المطلق، السعر، معامل التوصيل الحراري .

٢ – تميِّز بين كل من : كمية الحرارة ودرجة الحرارة، الحرارة النوعية والسعة الحرارية .

٣ – تستنبط العلاقات الرياضية التي تربط بين الكميات الآتية :

- كمية الحرارة التي يكتسبها أويفقدها الجسم، وكتلته، والحرارة النوعية لمادته .
- الحرارة النوعية والسعة الحرارية وكتلة الجسم .
- درجات الحرارة في التدريج المئوي والتدريج المطلق والتدريج الفهرنهايتي .

٤ – تقارن بين درجات حرارة انصهار الجليد ودرجات حرارة غليان الماء في التداريج الثلاثة .

٥ – تفسِّر طرق انتقال الحرارة في الأوساط المختلفة ( صلبة، سائلة، غازية، فراغ ) .

٦ – تصف تطبيقات وظواهر على كل من : التوصيل بالحمل، والتوصيل بالاشعاع .

٧ – تشتق وحدات قياس الكميات الفيزيائية المختلفة التي لها صلة بموضوع الحرارة من العلاقات الرياضية التي تربط بينها .

٨ – تجري تجارب عملية لتعيين قيم بعض الكميات الفيزيائية مثل قيم الحرارة النوعية لمادة صلبة ( معدنية )، ومعامل التوصيل لساق معدنية .

٩ – تقدِّر الخالق من خلال ما تدرسه في الحرارة وفوائدها في الحياة .

١٢– تقدِّر جهود العلماء العرب والمسلمين وغيرهم .



el-online.net

# الحـــــرارة HEAT

لكي تتعمق وتتسع المعرفة عن كمية الحرارة ودرجة الحرارة والتمييز بينهما.. رأينا أنه لابد من إعطاء لمحة مبسطة عن تصور النظرية الذرية – الجزيئية لحركة جزيئات المادة.

**كيف صوَّرَت النظرية الذرية الجزيئية Atomic Molecular Theory حركة جزيئات المادة؟**

- أول من لاحظ الحركة الجزيئية هو العالم ( روبرت بروان ) عام ١٨٢٧م وقد سميت باسمه.

مرّ معك أنه – بالاضافة إلى وجود مسافات ( فراغات ) بين ذرات أو جزيئات المادة، ووجود قوى ترابط بينها، فإن هذه الذرات أو الجزيئات توجد في حالة حركة مستمرة، تكون هذه الحركة عشوائية في الغازات، وتكون انتقالية دورانية في السوائل، واهتزازية حول مواضع اتزانها في الأجسام الصلبة. وعلى ذلك تكتسب جزيئات المادة ( الجسم ) طاقة حركية ناشئة عن حركتها، وطاقة وضع ( كامنة ) ناشئة عن تغير أوضاعها.

وقد أطلق على مجموع طاقتي الحركة والوضع اسم « **الطاقة الداخلية للجسم** » Internal Energy أي أن :

طاقة حركة الجزيئات + طاقة وضع الجزيئات ( الطاقة الكامنة ) = الطاقة الداخلية للجسم ..... ( ١ )

**ما المقصود بكمية الحرارة Heat ؟ وما علاقتها بدرجة الحرارة Temperature ؟**

- أول من ميّز بين مفهومي الحرارة ودرجة الحرارة وفق النظرية الذرية – الجزيئية هو العالم ( جوزيف بلاك ) ( ١٧٢٨م – ١٧٩٩م ).

ظل الالتباس قائماً بين مفهومي كمية الحرارة ودرجة الحرارة حتى القرن الثامن عشر حين تم التمييز بينهما وفقاً للنظرية الذرية – الجزيئية لحركة جزيئات المادة، والتي من خلالها عُرف مفهوم الطاقة الداخلية لجزيئات الجسم، ولكي تتمكن من وصف كمية الحرارة.. وعلاقتها بدرجة الحرارة، نفذ النشاط الآتي :

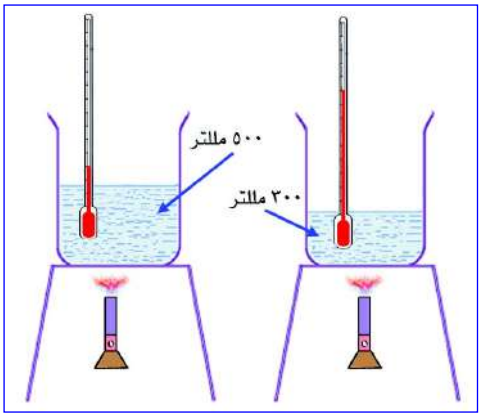


el-online.net

## نشاط ( ١ ) :

تحتاج في هذا النشاط إلى : كأسين زجاجيين متماثلين سعة كل منهما ( ١٠٠٠ملليتر )، ولهب بنزن، وماء، وترمومترين ).

١ – ضع في أحد الكأسين ٣٠٠ ملليتر ماء، وفي الآخر ٥٠٠ ملليتر ماء، كما في الشكل ( ١ ).



شكل ( ١ )

٢ – قس درجة حرارة الماء في كل من الكأسين بواسطة الترمومترين وسجل القراءتين.

٣ – سخن الكأسين بمحتوياتهما .. فترة زمنية قدرها ٥ دقائق مثلاً.

٤ – قس درجة حرارة الماء في كل من الكأسين، وسجل القراءتين – أيهما أعلى درجة حرارة ؟

- ماذا تستنتج من هذا النشاط فيما يتعلق بكمية الحرارة وعلاقتها بدرجة الحرارة؟
- يلاحظ من هذا النشاط، أن درجة حرارة الماء في الكأس الأول ( ٣٠٠ ملليتر ) كانت أعلى منها في الكأس الثاني ٥٠٠ ملليتر، بالرغم من أن كلاً منهما قد زود بالكمية نفسها من الحرارة، ولكي ترتفع درجة حرارة كمية الماء في الكأس الثاني إلى درجة حرارة الماء نفسها في الكأس الأول فإننا نحتاج إلى تسخينها مدة زمنية أطول، أي تزويدها بكمية حرارة أكثر، يُستنتج من هذا أن كمية الحرارة تختلف عن درجة الحرارة، بالرغم من أننا نقيس كمية الحرارة التي تزود بها الأجسام أو تؤخذ منها بدلالة ارتفاع أو انخفاض درجة الحرارة، إذاً كلما كان التغير في درجة حرارة جسمٍ ما أكبر كانت كمية الحرارة اللازمة لإحداث هذا التغير أكبر.

- **ما علاقة كل من كمية الحرارة ودرجة الحرارة بالطاقة الداخلية لجزيئات الجسم ؟**

  لاحظ المعادلة السابقة رقم ( ١ ) ..
- ماذا يحدث لمقدار الطاقة الداخلية لجزيئات الجسم عندما تزداد طاقة حركة جزيئاته ؟ .. وماذا يحدث عندما تقل ؟
- متى تزداد طاقة حركة جزيئات الجسم ؟ .. ومتى تقل ؟



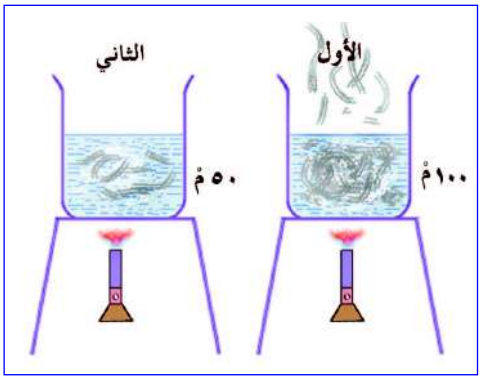
el-online.net

- إذا أعطي الجسم كمية من الحرارة . . هل تزيد طاقة حركة جزيئاته ؟ أم أنها تقل؟
- أعط وصفاً للعلاقة بين كمية الحرارة المعطاة للجسم أو المأخوذة منه والطاقة الداخلية لجزيئات الجسم.
- أعط كذلك وصفاً للعلاقة بين درجة الحرارة والطاقة الداخلية لجزيئات الجسم.
- لتتمكن من ذلك . . . نفِّذ النشاط الآتي :

**نشاط ( ٢ ) :**

١ – خذ إناءين متماثلين وضع في كل منهما كمية من الماء قدرها ( ٥٠٠جم ) عند درجة حرارة الغرفة مثلاً ( ٢٥مْ ) .

٢ – سخنهما على موقدين متماثلين بحيث تصل درجة حرارة الأول إلى ( ١٠٠مْ ) والثاني تصل درجة حرارته إلى ( ٥٠مْ ) ، كما في الشكل ( ٢ ) .



شكل ( ٢ )

- أي الإناءين اكتسب ماؤه كمية حرارة أكبر؟
- وأي الإناءين زادت حركة حزيئات مائه أكثر من الآخر؟
- وأي من الماء في الإناءين زاد مقدار الطاقة الداخلية لجزيئاته؟
- صف العلاقة بين كمية الحرارة المعطاة للجسم والطاقة الداخلية للجسم وكذلك العلاقة بين درجة حرارة الجسم والطاقة الداخلية للجسم.
- لقد وجد من خلال التجارب العملية، أنه عندما يكتسب جسم كمية من الحرارة تزداد حركة جزيئاته وبالتالي تزداد تبعاً لذلك الطاقة الداخلية له، ويصاحب هذا التغير ارتفاع في درجة حرارة الجسم ويحدث العكس تماماً في حالة فقدان الجسم كمية من الحرارة.

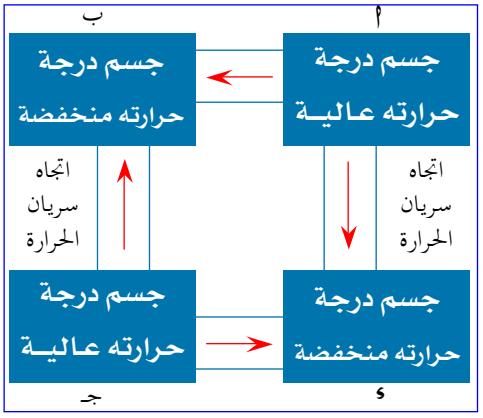
مما سبق يتضح أن كمية الحرارة هي مقياس للطاقة الداخلية للجسم، وأن درجة الحرارة هي مقياس لمتوسط الطاقة الداخلية لجزيئات الجسم.



el-online.net

## تعريف درجة الحرارة لجسم
## Temperature Definition

مستعيناً بالشكل ( ٣ ) الذي يوضح سريان الحرارة بين الأجسام المختلفة في درجات حرارتها عند اتصالها أو تلامسها مع بعضها البعض.



شكل ( ٣ )

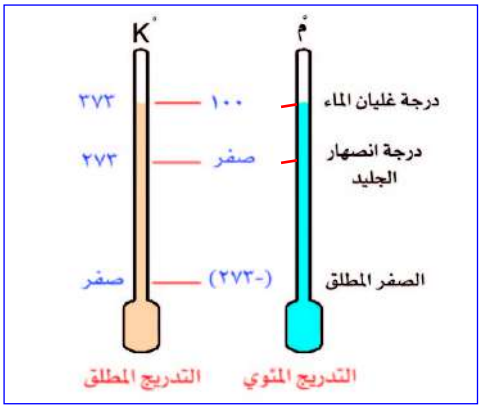
- من أي الأجسام تسري الحرارة؟ هل تسري من الأجسام الأعلى في درجات الحرارة إلى الأجسام المنخفضة في درجات الحرارة، أم أنه يحصل العكس؟
- وضِّح علامَ يعتمد سريان الحرارة بين الأجسام المتصلة مع بعضها البعض عبر موصلات للحرارة ؟
- مما تلاحظه في الشكل ، أعطِ تعريفاً لدرجة حرارة الجسم.
- إن درجة حرارة الجسم الذي انتقلت منه الحرارة تكون أعلى من درجة الجسم الذي انتقلت إليه الحرارة، أو بتعبير آخر تسري الحرارة من الأجسام الأعلى في درجة الحرارة إلى الأجسام المنخفضة في درجة الحرارة، ومن هذا يمكن تعريف درجة حرارة الجسم بأنها : **حالة الجسم الحرارية التي تسبب سريان الحرارة منه أو إليه عند اتصاله أو تلامسه بجسم آخر.**

## كيف تعين أو تقيس درجة الحرارة؟
## How you measure the Temperature

- ماذا يستخدم الطبيب عندما يريد تعيين أو قياس درجة حرارة المريض؟ ماذا تستخدم إذا أردت معرفة درجة حرارة جسم ما، أو درجة حرارة كمية من الماء؟
- لكي نعين درجة الحرارة نستخدم ترمومترات ( Thermometers ) مختلفة وقد سبق لك أن تعرفت على بعضها.. إن تعيين درجة الحرارة بالترمومترات يتم بواسطة ثلاثة تداريج مختلفة هي : التدريج المئوي Centigrade Scale، والتدريج المطلق Absolute Scale وتدريج الفهرنهايت Fahrenheit Scale .



el-online.net




شكل ( ٤ )

- في التدريج المئوي تكون : درجة حرارة الجليد المنصهر = صفر درجة مئوية ( صفر مْ ) .
ودرجة غليان الماء في الضغط الجوي القياسي = ١٠٠ مْ .
- وفي التدريج المطلق تكون : درجة حرارة الجليد المنصهر= ٢٧٣ درجة مطلقة ( $^{\circ}k$ ) .
ودرجة غليان الماء في الضغط الجوي القياسي = ٣٧٣ $^{\circ}k$
- ويتضح من هذا أن الفرق بين درجة غليان الماء ودرجة انصهار الجليد في التدريجين تساوي ١٠٠ مْ في التدريج المئوي وتساوي كذلك ١٠٠ درجة مطلقة ( $^{\circ}k$ ) في التدريج المطلق، انظر الشكل ( ٤ ) أي أن في التدريج المئوي يكون الفرق بين درجة غليان الماء ودرجة انصهار الجليد = ( ١٠٠ – صفر ) = ١٠٠ مْ .
وفي التدريج المطلق يكون الفرق بين درجة غليان الماء ودرجة انصهار الجليد = ٣٧٣ – ٢٧٣ = ١٠٠ $^{\circ}k$ هذا يعني أن : الدرجة الواحدة المطلقة = الدرجة الواحدة المئوية .
- وعند الملاحظة الدقيقة للشكل ( ٤ )، نستطيع استنباط العلاقة بين درجة الحرارة المئوية ودرجة الحرارة المطلقة هي : $^{\circ}k = ^{\circ}C + ٢٧٣$ .
- توضح هذه العلاقة أنه عند درجة (–٢٧٣مْ) تكون درجة الحرارة المطلقة تساوي ( صفر $^{\circ}k$ ) ويطلق على درجة الحرارة هذه اسم "درجة الصفر المطلق" او "الصفر المطلق" Absolute Zero، وبما أن درجة الحرارة المطلقة تتناسب طردياً مع متوسط الطاقة الحركية لجزيئات المادة لأنه عند الصفر المطلق تتوقف حركة جزيئات المادة .
- في تدريج الفهرنهايت تكون : درجة حرارة الجليد المنصهر = ٣٢ $^{\circ}F$ ، ودرجة غليان الماء في الضغط الجوي القياسي = ٢١٢ $^{\circ}F$ .

انظر الشكل ( ٥ )، والعلاقة الرياضية التي تربط بين درجة الحرارة المئوية ودرجة الحرارة بالفهرنهايت هي :



el-online.net

$C^\circ = \frac{٥}{٩} (F^\circ - ٣٢)$ .

ويمكن كتابة هذه العلاقة بالصورة الآتية :

$F^\circ = \frac{٩}{٥} C^\circ + ٣٢$ .

كما أنه يمكن كتابة العلاقة الرياضية بين درجات الحرارة في التداريج الثلاثة على النحو الآتي :

$$\frac{C^\circ}{١٠٠} = \frac{F^\circ - ٣٢}{١٨٠} = \frac{{}^\circ k - ٢٧٣}{١٠٠}$$

ويعد التدريج المطلق التدريج الأكثر استخداماً في التطبيقات العلمية وفي التكنولوجيا و الصناعية .

■ **مثال :** باستخدام إحدى العلاقات السابقة، والتي تراها مناسبة، أوجد درجات الحرارة على التدريج المطلق، وعلى تدريج الفهرنهايت المناظرة لدرجات الحرارة المئوية الآتية :

١ – درجة غليان الكبريت ( ٤٤٤,٦ مْ ) . ٢ – درجة غليان الزئبق ( ٣٥٦,٧ مْ ) .

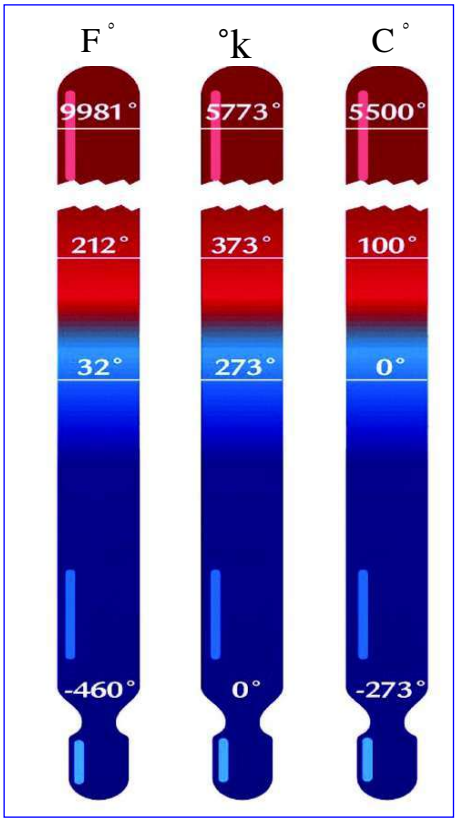
٣ – درجة انصهار الألومنيوم ( ٦٦٠ مْ ) . ٤ – درجة انصهار التنجستين ( ٣٤١٠ مْ ) .

● **الحل :**

١ – ${}^\circ k = C^\circ + ٢٧٣ \Leftarrow K^\circ = ٤٤٤,٦ + ٢٧٣ = ٧١٧,٦$

$\therefore F^\circ = \frac{٩}{٥} C^\circ + ٣٢ = \frac{٩}{٥} \times ٤٤٤,٦ + ٣٢$

ومنها $F^\circ = ٨٣٢,٢٨$




شكل ( ٥ )

■ استكمل حل هذا المثال، ثم ارسم جدولاً كالآتي مبيناً فيه وضع القيم التي حصلت عليها كل في مكانها المناسب .

| النقطة الثابتة | مْ | $K^\circ$ | $F^\circ$ |
|---|---|---|---|
| درجة غليان الكبريت | | | |
| درجة غليان الزئبق | | | |
| درجة انصهار التنجستين | | | |



el-online.net

## كيف تحسب كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها الجسم ؟

من أجل أن تتعرف على طريقة حساب كمية الحرارة، يجب عليك أولاً أن تتعرف على علاقة كمية الحرارة بالآتي : التغير في درجة حرارة الجسم، كتلة الجسم، نوع مادة الجسم .

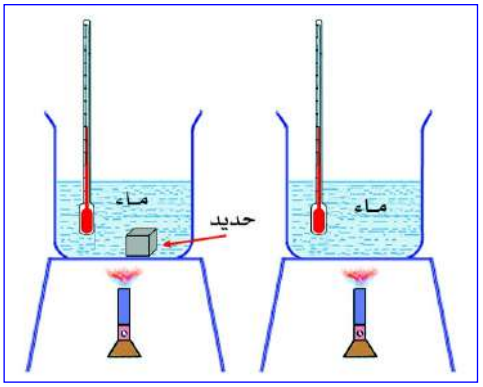
وقد سبق لك أن تعرفت على العلاقتين الأولى والثانية في الصف السابع، والآن ولكي تتعرف على العلاقة بين كمية الحرارة ونوع مادة الجسم .. نفذ النشاط الآتي :

### نشاط ( ٣ ) :

١ – خذ إناءين معدنيين متماثلين تماماً، وكذلك ترمومترين مئويين متماثلين .

٢ – ضع في أحد الإناءين كمية من الماء مقدارها ( ١٠٠٠ جم )، وضع فيه أحد الترمومترين .

٣ – ضع في الإناء الثاني كمية من الماء مقدارها ( ٥٠٠جم )، وضع فيه كتلة معدنية ( ولتكن مثلاً من الحديد )كتلتها ( ٥٠٠جم )، بالإضافة إلى الترمومتر الثاني .



شكل ( ٦ )

٤ – سخن الإناءين بمحتوياتهما باستعمال موقدين متماثلين، ولفترة زمنية واحدة ( انظر الشكل ٦ ) .

٥ – من خلال قراءات درجات الحرارة على الترمومترين .. حدد أياً من محتويات الإناءين يسخن أسرع .

- ماذا تستنتج من هذا النشاط ؟
- ما الذي يجب فعله لكي تتساوي درجات حرارة محتويات الإناءين؟

٦ – اترك محتويات الإناءين تبرد، ولاحظ من خلال قراءات درجات الحرارة على الترمومترين .

- أي من محتويات الإناءين تبرد أسرع؟



el-online.net

- نلاحظ من هذا النشاط أنه بالرغم من اكتساب الإناءين كميتين متساويتين من الحرارة، إلا أن محتويات الإناء الثاني الذي يحتوي على الماء والحديد تسخن أسرع من محتويات الإناء الأول الذي يحتوي على الماء فقط، وأنه لكي تتساوى درجات حرارة محتويات الإناءين علينا أن نسخن محتويات الإناء الأول فترة زمنية أطول.
- كما نلاحظ أن محتويات الإناء الثاني تبرد أسرع من محتويات الإناء الأول وهذا يؤكد أن كمية الحرارة المعطاة للجسم أو المأخوذة منه تعتمد على نوع مادة الجسم المصنوع منها.

وقد وجد من خلال الدراسات والبحوث أن لكل جسم خاصية حرارية ترتبط بنوع مادته تسمى "**الحرارة النوعية**"، وستتعرف عليها لاحقاً.

## وحدات قياس كمية الحرارة
## Units of Heat

إن كمية الحرارة هي تسمية تطلق على مقدار الطاقة الحرارية، المعطاة للجسم عند تسخينه أو المأخوذة منه عند تبريده أثناء عملية التبادل الحراري بين الجسم وما يحيط به أو يتصل به أو يلامسه.

- وبما أن الطاقة تقاس بالجول ( Joule ) أو بالإرج ( Erg )، فما هي إذاً وحدات قياس كمية الحرارة ؟
- إن كمية الحرارة يمكن قياسها بالجول أو بالإرج.
- كما يمكن قياسها بوحدة أخرى تسمى السعر ( Calorie )، ويعرف السعر بأنه :

**كمية الحرارة اللازمه لتسخين واحد جرام من الماء لترتفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة.**

أو بأنها : **كمية الحرارة التي يفقدها واحد جرام من الماء عندما تنخفض درجة حرارته درجة مئوية واحدة.**

- ١٠٠٠ سعر = ١ كيلو سعر .
- ١٠٠٠ جول = ١ كيلو جول.
- ١ سعر = ٤,١٨ جول وبالتقريب = ٤,٢ جول.
- ١ كيلو سعر = ٤,٢ كيلو جول تقريباً .
- الواحد الجول = $١٠^{٧}$ إرج .



el-online.net

## الحرارة النوعية للمادة
## Specific Heat of matter

لاحظ الجدول المقابل، والذي يبين مقدار كمية الحرارة ( بالجول ) التي يحتاجها الواحد كيلو جرام من المادة، لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية، أو بالسعر التي يحتاجها الواحد جرام من المادة لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية.

جدول ( ١ ) الحرارة النوعية لبعض المواد

| المادة | جول / كجم.مْ | سعر / جم.مْ |
|---|---|---|
| الرصاص | ١٣٠ | ٠,٠٣١ |
| النحاس | ٣٩٩ | ٠,٠٩٥ |
| الخارصين | ٣٨٦,٤ | ٠,٠٩٢ |
| الحديد الفولاذ | ٤٧٨,٨ | ٠,١١٤ |
| الزجاج | ٨٠٢,٢ | ٠,١٩١ |
| الفضة | ٢٣٥,٢ | ٠,٠٥٦ |
| الألومنيوم | ٩٢٤ | ٠,٢٢ |
| الثلج | ٢٢٢٦ | ٠,٥٣ |
| الكيروسين | ٢١٤٢ | ٠,٥١ |
| الكحول | ٢٥٢٠ | ٠,٦ |
| الماء | ٤٢٠٠ | ١ |
| الذهب | ١٢٦ | ٠,٠٣ |

- أي من هذه المواد يحتاج الواحد كيلو جرام منها إلى كمية حرارة أكبر لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية؟
- كم مقدار الحرارة التي يحتاجها الواحد كيلوجرام من الرصاص عند تسخينه لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية ؟
- يتضح من الجدول أن الحرارة النوعية للماء تساوي ٤٢٠٠ جول / كجم.مْ، وللرصاص ١٣٠ جول / كجم.مْ.
- فماذا يقصد بالحرارة النوعية للمادة ؟ أعطِ تعريفاً لها.
- إن كمية الحرارة اللازمة لتسخين واحد كيلوجرام من أية مادة لترتفع درجة حرارته ( أي درجة الواحد كيلوجرام ) درجة واحدة مئوية تسمى " **الحرارة النوعية للمادة** " .
- استخرج من الجدول وحدات قياس الحرارة النوعية.
- أية مادة من هذه المواد الموجودة في الجدول تعد من أحسن الوسائل استخداماً للتدفئة المنزلية ؟ مبيناً السبب ؟

- **ولحساب كمية الحرارة التي يكتسبها الجسم عندما يسخن أو التي يفقدها عندما يبرد تستخدم العلاقة الآتية :**

كمية الحرارة التي يكتسبها أو يفقدها الجسم ( حر ) =
كتلة الجسم ( ك ) × الحرارة النوعية لمادة الجسم ( حن ) × فرق درجات الحرارة.



el-online.net

أي : حر = ك × حن × Δ T  حيث Δ T = التغير في درجات الحرارة، أو الفرق في درجات الحرارة.

■ **مثال ١** : إذا كانت الحرارة النوعية للزجاج ( ٠٫١٩١ سعر/جم.مْ)، وأريد تسخين قطعة منه كتلتها ( ٥٠ جرام ) بحيث ترتفع درجة حرارتها ( ٦مْ ) فما مقدار الحرارة اللازمة لذلك مُقاسةً بالسُعر والجول؟

● **الحـــل** : ∵ كمية الحرارة اللازمة لرفع واحد جرام من الزجاج درجة واحدة مئوية = ٠٫١٩١ سعر، وكمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ( ٥٠ جرام ) من الزجاج درجة واحدة مئوية = ٥٠×٠٫١٩١ سعر، وكمية الحرارة اللازمة لرفع درجات ( ٥٠ جرام ) من الزجاج ٦ مْ = ٥٠ × ٠٫١٩١ × ٦ = ٥٧٫٣ سعر.

وإذا استخدمنا العلاقة حر = ك × حن × Δ T  ( حيث Δ T ) مقدار التغير في درجة الحرارة = $T_1 - T_2$ = ٦مْ

∴ حر = ٥٠ × ٠٫١٩١ × ٦ = ٥٧٫٣ سعر  وحيث أن السعر = ٤٫٢ جول

∴ حر = ٥٧٫٣ × ٤٫٢ = ٢٤٠٫٦٦ جول

■ **مثال ٢** : أضيفت كمية من الماء كتلتها ( ١٫٦ كيلوجرام ) في درجة ( ٢٥مْ ) إلى كمية أخرى من الماء كتلتها ( ٠٫٤ كيلوجرام ) في درجة ( ١٠٠مْ )، فإذا أصبحت درجة الحرارة النهائية بعد الإضافة تساوي ( ٤٠مْ ). قارن بين كمية الحرارة التي يفقدها الماء الساخن وكمية الحرارة التي يكتسبها الماء البارد، علماً بأن الحرارة النوعية للماء ( ٤٢٠٠جول/كجم.مْ ).

● **الحـل** : كمية الحرارة التي يفقدها الماء الساخن ( حر١ ) :

حر١ = ك١ × ح ن × ( مقدار التغير في درجة الحـــرارة Δ $T_1$ ).

حر١ = ٠٫٤ × ٤٢٠٠ × ( ٤٠ – ١٠٠ ) = – ١٠٠٨٠٠جول

كمية الحرارة التي يكتسبها الماء البارد ( حر٢ ) :

( حر٢ ) = ك٢ × ح ن × ( مقدار التغير في درجة الحـــرارة Δ $T_2$ ).

حر٢ = ١٫٦ × ٤٢٠٠ × ( ٤٠ – ٢٥ ) = ١٠٠٨٠٠ جول.

لاحظ مقدار كمية الحرارة المفقودة ومقدار كمية الحرارة المكتسبة، ماذا يعني ذلك؟

يعني أن كمية الحرارة التي يفقدها الماء الساخن يكتسبها الماء البارد، ولكن هذه حالة مثالية لا تحدث إلا إذا أجريت في جهاز عزل حراري تام، ويسمى هذا الجهاز



el-online.net

المسعر Calorimeter وستتعرف عليه في كراس الأنشطة والتجارب .

## السعة الحرارية Heat Capacity
## للجسم وعلاقتها بالحرارة النوعية لمادة الجسم

لقد ذكرنا من قبل بأن كمية الحرارة اللازمة لتسخين واحد كيلوجرام من المادة لترتفع درجة حرارته درجة مئوية واحدة تسمى "الحرارة النوعية للمادة" .

- فماذا تسمى كمية الحرارة اللازمة لتسخين الجسم بكامله، لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية؟
- إن كمية الحرارة اللازمة لتسخين الجسم بكامله لترتفع درجة حرارته درجة واحدة مئوية تسمى بالسعة الحرارية للجسم Heat Capacity of body، مما سبق أعطِ تعريفاً للسعة الحرارية للجسم؟
- ولكي تتعرف على العلاقة بين السعة الحرارية للجسم والحرارة النوعية لمادة الجسم، افترض إن كتلة الجسم هي ( ك ) والحرارة النوعية لمادة الجسم ( ح ن )، والسعة الحرارية للجسم تكون على النحو الآتي :

$$\text{سع}_{ح} = \text{ك} \times \text{ح}_{ن} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

وحيث أن حر = ك × ح ن × فرق درجات الحرارة ( $\Delta T$ ) .

$$\text{حر} = \text{سع}_{ح} \times \text{فرق درجات الحرارة} (\Delta T) \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢)$$

من هذه المعادلة نجد أن :

$$\text{سع}_{ح} = \frac{\text{حر}}{\Delta T} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٣)$$

- استخدم المعادلة ( ٣ ) في استخراج وحدة قياس السعة الحرارية إذا علمت أن وحدة قياس ( حر ) هي جول، أو سعر ووحدة قياس ( $\Delta T$ ) هي ( درجة مئوية ) .

■ **مثال** : احسب السعة الحرارية لكتلة من الألومنيوم مقدراها ٥ كيلو جرام إذا كانت الحرارة النوعية للألومنيوم ( ٩٢٤ جول / كجم.مْ ) .

● **الحل** : $\text{سع}_{ح} = \text{ك} \times \text{ح}_{ن}$

$\text{سع}_{ح} = ٥ \times ٩٢٤ = ٤٦٢٠$ جول / مْ.



el-online.net

# تفسيـــر انتقـــال الحـــرارة في الأوســـاط المختلفـة

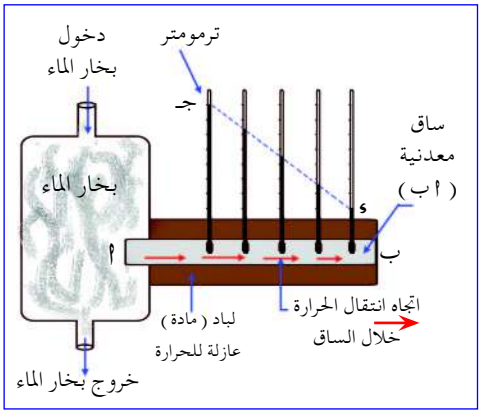
## أولاً : تفسير انتقال الحرارة بالتوصيل في ضوء النظرية الجزيئية للمادة :

إذا أمسكت بإحدى يديك أحد طرفي ساق معدنية ( حديد مثلاً ) وعرضت الطرف الآخر للساق للهب بنزن، فإنك تشعر بعد فترة زمنية بسخونة الطرف الملامس ليدك . . ما تفسيرك ؟

لقد وجد أنه عندما يكتسب أحد طرفي ساق معدنية كمية من الحرارة، تزداد الطاقة الحركية الاهتزازية لجزيئات هذا الطرف، وترتفع درجة حرارته، ويصحب ذلك زيادة في سعة الاهتزاز لجزيئاته، فتصدم هذه الجزيئات، جزيئات الطبقة المجاورة لها في الساق، وتنقل إليها جزءاً من طاقة حركتها، فترتفع درجة حرارة هذه الطبقة، وتزداد سعة اهتزاز جزيئاتها، وتقوم هذه الجزيئات بدورها في نقل بعض من طاقة حركتها إلى الطبقة التي تليها، فترتفع درجة حرارة هذه الطبقة أيضاً، وهكذا يستمر انتقال الحرارة من طبقة إلى أخرى في الساق على شكل انتقال لطاقة الحركة الاهتزازية للجزيئات،حتى تصل إلى الطرف الآخر للساق، وعندئذ تشعر بارتفاع درجة حرارة هذا الطرف غير الملامس للهب .

**كيف تتغير درجة الحرارة على طول الساق المعدنية ؟**

انظر الشكل ( ٧ ) والذي تبدو فيه ساق معدنية (أ ب ) موضوعة بين لوحين من اللباد كمادة عازلة للحرارة، وتخترق أحد اللوحين خمسة ترمومترات مستودعاتها تلامس الساق المعدنية، والطرف (أ) للساق موجود في غرفة تحتوي على بخار ماء كمصدر لتسخين الساق .




شكل ( ٧ )

علل انخفاض مستويات الزئبق في الترمومترات تدريجياً على طول الساق من الطرف (أ) إلى الطرف ( ب ) .



el-online.net

إن درجة حرارة الساق تقل تدريجياً من طبقة إلى أخرى في اتجاه انتقال الحرارة خلالها، ويستمر هذا حتى تصل الساق إلى حالة الاتزان الحراري Thermal Equilibrium ، تثبت عندها قراءات الترمومترات، ويلاحظ من الشكل ( ٧ )، أن قراءات الترمومترات تقع على خط مستقيم واحد ( جـ د ) ويطلق على هذا الخط اسم " **منحدر درجة الحرارة** " Temperature Grardient على طول الساق، أي أن : منحدر درجة الحرارة على طول الساق =

$$\frac{\Delta T}{\text{ف}} = \frac{\text{الفرق بين درجتي الحرارة عند أي مقطعين على طول الساق}}{\text{المسافة بينهما}}$$

وقد وجد أن كمية الحرارة خلال الساق بالنسبة للزمن ($\frac{\text{حر}}{\text{ز}}$) تتناسب طردياً مع كل من مساحة مقطع الساق المعدنية ( س )، ومنحدر درجة الحرارة على طول الساق، أي أن :

$$\frac{\text{حر}}{\text{ز}} \propto \text{س} \times \text{منحدر درجة الحرارة} .$$

$$\frac{\text{حر}}{\text{ز}} = \text{م}_{\text{ح}} \times \text{س} \times \frac{\Delta T}{\text{ف}} .$$

حيث ( $\text{م}_{\text{ح}}$ ) مقدار ثابت يتوقف على نوع مادة الساق المعدنية، ويطلق عليه اسم " **معامل التوصيل الحراري** " Thermal Coductivity Coefficient، وهو يساوي الطاقة الحرارية التي تسري في الثانية خلال مكعب من المادة طول ضلعه واحد متر بين وجهين من أوجهه الفرق في درجتي حرارتهما درجة واحدة مئوية، ووحدة قياس معامل التوصيل الحراري هي ( جول / ث . متر . مْ ).

## ثانياً : تفسير انتقال الحرارة بتيارات الحمل :

مرَّ معك في السنوات السابقة أن طريقة انتقال الحرارة خلال السوائل والغازات تختلف عن طريقة انتقالها خلال المواد الصلبة.

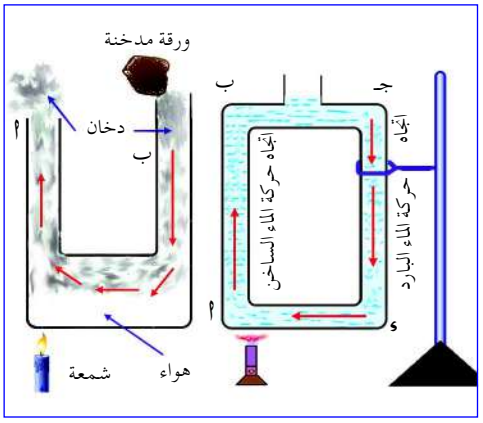
ما وجه الاختلاف؟ ثم انظر إلى الشكل ( ٨ ) وأعط تفسيراً علمياً لانتقال الحرارة في الأوساط السائلة ( مثل الماء ) وفي الأوساط الغازية ( مثل الهواء، والدخان ).

عندما يسخن السائل أو الغاز تزداد حركة جزيئاته وبالتالي يزداد حجمه وتقل كثافة جزيئاته فترتفع إلى أعلى، ويحل محلها جزيئات باردة وهذه بدورها تسخن وتقل كثافتها فترتفع إلى أعلى وهكذا.



el-online.net

يتضح من هذا أن الحرارة تنتقل في السائل والغاز عن طريق انتقال الجزيئات المكونة للسائل أو الغاز حاملة معها الطاقة الحرارية، ومن الشواهد التي تؤكد ذلك: احساسنا بتيارات الهواء الدافئة تتجه إلى أعلى عند تقريب أيدينا من مصباح مضيء أو من لهب شمعة .. أذكر ثلاثة شواهد تدل على ذلك.




شكل ( ٨ )

**قضية للبحث:** من الظواهر الطبيعية على انتقال الحرارة بتيارات الحمل خلال الهواء ظاهرة نسيم البحر ونسيم البر، ابحث في هذه الظاهرة، مبيناً كيف تتم؟ وفي أي الأوقات تحدث؟ عزز ما تقوله بالرسم.

## ثالثاً: تفسير انتقال الحرارة بطريقة الاشعاع الحراري :

على الرغم من أن المصباح الكهربائي مفرغ من الهواء إلا أنك تحس بوصول الحرارة إلى يدك عندما تضعها بالقرب من المصباح كما في الشكل ( ٩ ).

- ما سبب ذلك؟ أعط تفسيراً علمياً لانتقال الحرارة إلى يديك.
- إن الجسم عندما يسخن إلى درجات حرارة عالية، تنبعث منه أشعة حرارية غير مرئية، تنتشر في الحيز المحيط به، وهذه الأشعة وجد أنها لا تحتاج لوسط مادي لتنتقل فيه، بل يمكنها الانتقال في الفراغ، مثلما يحدث عند انتقال الأشعة الحرارية المنبعثة من الشمس إلينا، وانتقال الأشعة الصادرة من الفتيلة المتوهجة بداخل المصباح الكهربائي المفرغ من الهواء إلى خارجه.

كما وجد أن طبيعة الأشعة الحرارية هي نفس طبيعة الأشعة الضوئية، وأنهما تشتركان في كثير من الخواص مثل الانعكاس والانكسار، ولكنهما تختلفان في كون الأشعة الحرارية أشعة غير مرئية وقدرتها على النفاذ خلال الضباب عالية أو كبيرة.

شكل ( ٩ )



el-online.net

# تقويم الوحدة

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :**

**س١ : أكمل الفراغات الآتية بما يناسبها :**

١ – لقد وجد أنه عندما يكتسب الجسم كمية من الحرارة تزداد ..... جزيئاته، وبالتالي تزداد تبعاً لذلك ..... الداخلية له، ويصاحب هذا التغير ارتفاع في ..... حرارة الجسم.

٢ – تعد ..... مقياساً للطاقة الداخلية للجسم، وتعد ..... مقياساً لمتوسط الطاقة الداخلية للجسم.

٣ – تعتمد الترمومترات في قياس درجات الحرارة على ثلاثة تداريج هي ..... و..... و.....

٤ – ترتبط الحرارة النوعية بـ ..... الجسم، بينما ترتبط السعة الحرارية بـ..... الجسم.

**س٢ : ضع علامة ( ✓ ) أمام العبارة الصحيحة وعلامة( ✗ ) أمام العبارة الخطأ فيما يلي :**

١ – الطاقة الداخلية للجسم تساوي الفرق بين الطاقة الحركية وطاقة الوضع لجزيئاته . ( )

٢ – عند المقارنة بين وحدة السعر ووحدة الجول نجد أن السعر أكبر من الجول. ( )

٣ – انتقال الحرارة في الفراغ يتم بطريقة تيارات الحمل. ( )

٤ – تنتقل الحرارة خلال الساق الحديدية على شكل انتقال لطاقة الحركة الاهتزازية لجزيئات الحديد. ( )



el-online.net

**س٣ : ضع دائرة حول الحرف الذي يدل على الإجابة الصحيحة لكل عبارة من العبارات الآتية :**

١ – درجة غليان الماء في التدريج المطلق هي :

أ – ( ١٠٠ ) درجة مطلقة . ب – ( ٢١٢ ) درجة مطلقة .

جـ – ( ٢٧٣ )درجة مطلقة . د – ( ٣٧٣ )درجة مطلقة .

٢ – تسمى درجة الحرارة التي تنعدم عندها الطاقة الحركية لجزيئات مادة الجسم بدرجة .....

أ – الصفر المئوي ب – الصفر المطلق

جـ – الصفر الفهرنهايتي د – غليان الماء

٣ – التوصيل الحراري هو طريقة لانتقال الحرارة في :

أ – الفراغ ب – المـاء

جـ – النحـاس د – الهـــواء

٤ – وحدة قياس معامل التوصيل الحراري هي .....

أ – جول / م$^{٠}$ ب – جول .ث / متر.م$^{٠}$

جـ – جول / ث .متر.م$^{٠}$ د – متر.ث .م$^{٠}$ / جول

٥ – إذا كانت الحرارة النوعية للألومنيوم ٩٢٤ جول / كجم.م$^{٠}$، فإن كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة ٢ كجم من الألومنيوم ٥ م$^{٠}$ تكون :

أ – ٩٢٤ جول ب – ٩٢٤٠ جول .

جـ – ٨٤٨ جول . د – ٤٦٢٠ جول .

**س٤ : أعـط تعـريفـاً علميـاً لمـا يـأتـــي :**

درجة حرارة الجسم ، الصفر المطلق، السعر، الحرارة النوعية للمادة، السعة الحرارية للجسم، الترمومتر، منحدر درجة الحرارة على طول ساق معدنية .



el-online.net

**س٥ : علل ما يـــأتـــي :**

أ – جزيئات الماء والهواء الساخنة ترتفع إلى أعلى بينما جزيئاتهما الباردة تهبط إلى أسفل.

ب – تصل حرارة المصباح الكهربائي إلى يدك عند وضعها أسفل المصباح، بالرغم من تفريغ المصباح من الهواء.

**س٦ : اذكر تطبيقاً واحداً، وظاهرة واحدة لانتقال الحرارة بتيارات الحمل.**

**س٧ : اكتب العلاقة الرياضية التي تربط بين درجات الحرارة في التداريج الثلاثة.**

**س٨ : اشرح باختصار طريقة انتقال الحرارة بالتوصيل وطريقة انتقالها بتيارات الحمل.**

**س٩ : أوجد درجات الحرارة على التدريج المئوي وعلى التدريج الفهرنهايتي المناظرة لدرجات الحرارة المطلقة الآتية :**

أ – ( ٧١٧,٦ )　　ب – ( ٣٨٨,٧ )

جـ – ( ٦٩٢ )　　د – ( ٣٤٤٢ )

**س١٠ : احسب كمية الحرارة التي تفقدها قطعة من النحاس كتلتها ( ١٠٠جرام) عند خفض درجة حرارتها من ٦٥مْ إلي ٢٥ مْ إذا علمت أن الحرارة النوعية للنحاس هي ٠,٠٩٥ سعر / جم.مْ.**

**س١١ : إناء حديدي كتلته ٤٠ كيلو جرام، يحتوي على كمية من الماء مقدارها ٢٠كيلوجرام، احسب كمية الحرارة اللازمة لرفع درجة حرارة الإناء ومحتوياته من ١٠مْ إلى ١٠٠مْ، مع العلم أن الحرارة النوعية للحديد ٤٧٨,٨جول / كجم.مْ وللماء ٤٢٠٠ جول / كجم.مْ.**

**س١٢ : أيهما يكتسب كمية حرارة أكثر، جسم من النحاس كتلته ( ٢٠ جرام) أم جسم من الرصاص كتلته ( ٢٠جرام) لكي ترتفع درجة حرارتهما ( ٥٠مْ) إذا كانت الحرارة النوعية للنحاس ٠,٠٩٥ سعر / جم.مْ والحرة النوعية للرصاص ٠,٠٣سعر / جم.مْ.**



el-online.net

س١٣ : ساق من النحاس الأحمر طولها ( ١٠٠سم ) ومساحة مقطعها ( ٤سم٢ ) ، وضع أحد طرفيها في بخار ماء يغلي ، ووضع الطرف الأخر في ماء بارد ( أو جليد منصهر ) ، فإذا كانت الساق مغلفة بمادة عازلة مثل اللباد وكانت الطاقة الحرارية المنقولة خلالها في الدقيقة الواحدة ( ٨٥٠ ) جول ، فما قيمة معامل التوصيل الحراري للنحاس الأحمر .

س١٤ : إناء معدني به ماء درجة حرارته ( ٨٥مْ ) ودرجة حرارة الهواء المحيط به ٢٥مْ إذا كان سمك جدار الإناء ( ١,٥ملم ) ، فأوجد المنحدر الحراري لهذا الإناء .

س١٥ : جسم درجة حرارته ( ٦٠مْ ) ترك ليبرد في غرفة درجة حرارتها ( ٢٠مْ ) . أوجد النسبة بين كمية الحرارة التي يفقدها الجسم بكل من الحمل والاشعاع في الثانية الواحدة عندما تصل درجة حرارته إلى ( ٥٠مْ ) ، وإلى ( ٢٥مْ ) على الترتيب .

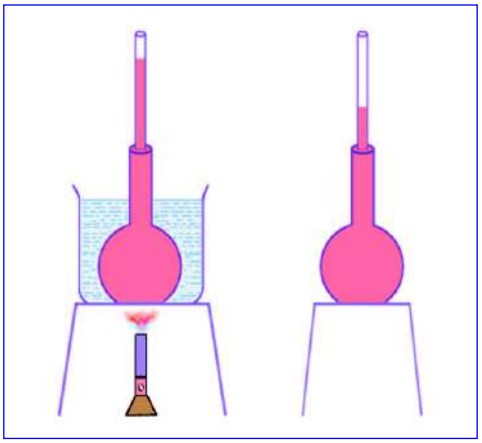
س١٦ : عندما تضع كميتين متساويتين من الماء في إناءين أحدهما من الزجاج والآخر من الألومنيوم في مجمِّد الثلاجة (الفريزر) في أيهما يتجمد الماء أولاً .. ولماذا؟

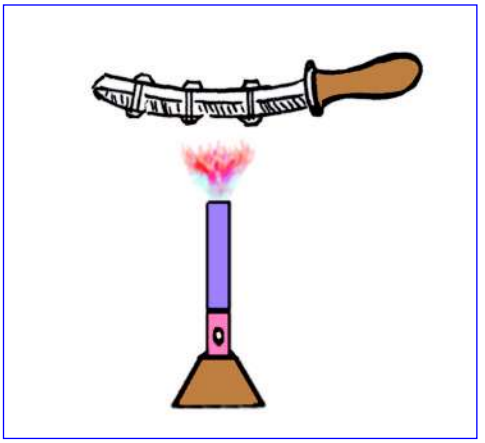


el-online.net

## الوحدة الثامنة

# أثـــر الحـــرارة على الأجســـام
# Thermal effect Upon Bodies





**تتمـدد المـواد بالحـرارة وتنكمش بالبـرودة**

### أهداف الـوحـدة :

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على أن :**

١ – تعرف الآتي : التمدد الطولي، معامل التمدد الطولي، التمدد الحجمي، معامل التمدد الحجمي، الغاز المثالي .

٢ – تميّز بين كل من : التمدد الطولي والتمدد الحجمي، معامل التمدد الطولي ومعامل التمدد الحجمي

٣ – تحسب – من خلال العلاقات الرياضية – ما يلي :

( الزيادة في الطول، الزيادة في الحجم، الطول النهائي، الحجم النهائي الناتج بسبب التسخين ) .



el-online.net

٤ – تستنبط العلاقات الرياضية التي تربط بين الكميات الآتية :

- الزيادة في الطول والطول الأصلي وفرق درجات الحرارة .
- الزيادة في الحجم والحجم الأصلي وفرق درجات الحرارة .
- معامل التمدد الطولي ومعامل التمدد الحجمي .
- الحجم والضغط ودرجة الحرارة لكمية معينة من الغاز .

٥ – توضح أثر الحرارة على أبعاد وحجوم الأجسام الصلبة والسائلة والغازية .

٦ – تذكر تطبيقات على كل من :التمدد الطولي والتمدد الحجمي .

٧ – تصف القوانين التي توضح العمليات الحرارية التي تحدث في الغاز مثل : قانون بويل وقانون شارل والقانون العام للغازات .

٨ – تجرى تجارب عملية لتعيين قيم بعض المفاهيم والمصطلحات مثل معامل التمدد الطولي لمادة صلبة ، تحقيق قوانين الغازات .

٩ – تحل مسائل تطبيقة على قوانين الغازات .

١٠– تبحث في بعض المفاهيم مثل : المزدوج المعدني ، الأثر الإيجابي للتمدد الشاذ للماء على حياة الكائنات الحية المائية .

## الأجسام تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة

## Expansion by Heating and Contraction by Cooling

علامَ تدل الشواهد والظواهر الآتية : ترك فراغات أو مسافات بين قضبان السكك الحديدية ، جعل أسلاك الكهرباء والتلفونات متدلية في فصل الصيف ، تسخين الاطارات الحديدية قبل تركيبها على عجلات الخيول وتبريدها بعد تركيبها، تفريغ سائقي السيارات جزء من هواء عجلات سياراتهم عند السير لمسافات طويلة، وخاصة أيام الصيف، وتفتت الصخور؟

إن الزيادة في درجة حرارة الجسم تؤدي إلى زيادة متوسط طاقة حركة جزيئاته، وهذا يعني زيادة متوسط الطاقة الحركية التي تمتلكهما جزيئات الجسم، مما يؤدي إلى تمدده عند ارتفاع درجة حرارته وإذا انخفضت درجة حرارة الجسم، فإن هذا

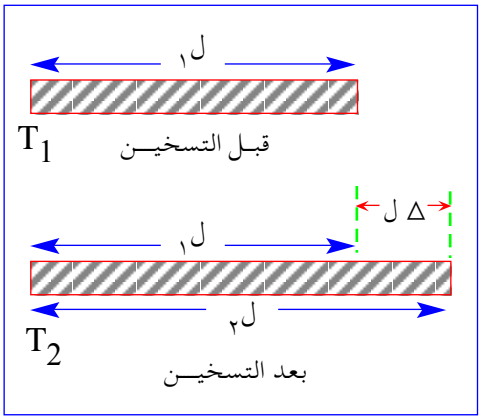


el-online.net

يؤدي إلى انخفاض متوسط الطاقة الحركية لجزيئاته، وبالتالي تؤدي إلى انكماشه، وقد أكدت التجارب على أن تمدد السوائل أقل من تمدد الغازات، وأن تمدد المواد الصلبة أقل من تمدد السوائل.

## التمدد الطولي للأجسام الصلبة
## Linear Expansion

إذا سخنت ساقاً معدنية، وارتفعت درجة حرارتها من درجة حرارة ( $T_1$ ) إلى درجة حرارة ( $T_2$ ) فإنها تتمدد ( أي يزيد طولها )، فإذا رمزت للطول الأصلي للساق بالرمز ( $ل_1$ ) عند ( $T_1$ )، ورمزت لطولها النهائي بعد التسخين بالرمز ( $ل_2$ ) عند ( $T_2$ )، ورمزت للزيادة في طول الساق بالرمز ( $\Delta ل$ )، فإن الزيادة في الطول تكون:



شكل ( ١ )

$$\Delta ل = ل_2 - ل_1 \quad \ldots\ldots (١)$$

والتغير في درجة الحرارة يكون:

$$\Delta T = T_1 - T_2 \quad \ldots\ldots (٢)$$

وقد وجد أن : $\Delta ل \propto ل_1 \times \Delta T$

$$\Delta ل = م_ط \times ل_1 \times \Delta T \quad \ldots\ldots (٣)$$

حيث ( $م_ط$ ) معامل التناسب، وهو مقدار ثابت لجميع الأجسام المصنوعة من مادة واحدة، ويطلق عليه اسم معامل التمدد الطولي Coefficient of linear Expansion.

ونجد من المعادلة ( ٣ ) أن:

$$م_ط = \frac{\Delta ل}{ل_1 \times \Delta T} \quad \ldots\ldots (٤)$$

ويتضح من المعادلة ( ٤ ) أن معامل التمدد الطولي هو : **نسبة الزيادة الحاصلة في طول الجسم إلى طوله الأصلي عند ارتفاع درجة حرارته بالتسخين درجة مئوية واحدة .**

استنبط من المعادلة ( ٤ ) وحدة قياس معامل التمدد الطولي ( $م_ط$ ).

ولكي توجد الطول النهائي للجسم الصلب بعد تسخينه وتمدده، استخدم



el-online.net

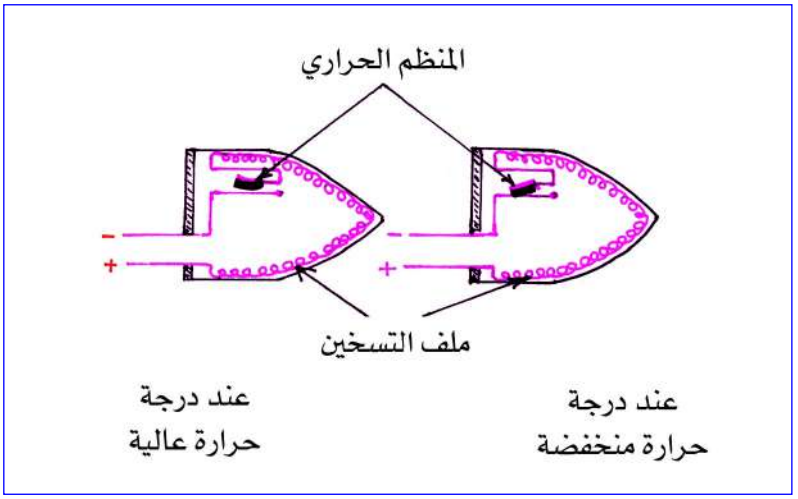
المعادلة الآتية ( رقم ٥ ) :

$$ل_{٢} = ل_{١} ( ١ + م_{ط} ( T_1 - T_2 ) ) \quad \ldots\ldots ( ٥ )$$

حاول أن تستنتج المعادلة ( ٥ ) من المعادلة ( ٤ ) .

## بعض تطبيقات التمدد الطولي في الحياة :

- ترك مسافات أو فراغات بين قضبان السكك الحديدية في فصل الشتاء لتسمح بتمددها أثناء فصل الصيف .
- جعل أسلاك الكهرباء والتليفون مرتخية في فصل الصيف، حتى إذا جاء الشتاء تجد الأسلاك مجالاً للانكماش .
- المزدوجات المعدنية التي تستخدم في صناعة منظم الحرارة ( ترموستات Thermostate ) التي تستخدم في المكواة والسخان الكهربائيين وفي منذر الحريق .




شكل ( ٢ )

**قضية للبحث :** اكتب موضوعاً علمياً مبسطاً عن : المزدوج المعدني، تركيبه، فكرة عمله، استخداماته .



el-online.net

■ **مثال ١** : ساق نحاسية طولها الأصلي ( ٣٠٠سم ) في درجة الصفر المئوي، سخنت إلى درجة ( ١٠٠مْ ) فأصبح طولها ( ٣٠٠٫٥١سم )، احسب معامل التمدد الطولي للنحاس.

● **الحل** : ∵ $\Delta$ ل = ل$_{٢}$ − ل$_{١}$

$\Delta$ ل = ٣٠٠٫٥١ − ٣٠٠ = ٠٫٥١ سم

$\Delta$ ل = ل$_{١}$ × م$_{ط}$ $(T_1 - T_2)$

٠٫٥١ = ٣٠٠ × م$_{ط}$ × (١٠٠ − صفر)

م$_{ط}$ = $\frac{٠٫٥١}{٣٠٠ \times ١٠٠}$ = ٠٫٠٠٠٠١٧ (درجة)$^{-١}$.

هذا هو معامل التمدد الطولي للنحاس.

■ **مثال ٢** : ساق حديدية طولها ( ١٠٠سم )، احسب الزيادة في طولها إذا سخنت من ٢٠مْ إلى ١٠٠مْ ، إذا علمت أن معامل التمدد الطولي للحديد ٠٫٠٠٠٠١١ (درجة )$^{-١}$.

● **الحل** : ل$_{٢}$ = ل$_{١}$ [١ + م$_{ط}$ $(T_1 - T_2)$]

ل$_{٢}$ = ١٠٠[١ + ٠٫٠٠٠٠١١ (١٠٠ − ٢٠)]

ل$_{٢}$ = ١٠٠(١٫٠٠٠٨٨) = ١٠٠٫٠٨٨ سم

$\Delta$ ل = ل$_{٢}$ − ل$_{١}$

$\Delta$ ل = ١٠٠٫٠٨٨ − ١٠٠ = ٠٫٠٨٨ سم.

## التمدد الحجمي للأجسام
## Volume Expansion

عندما يسخن الجسم، فإنه يتمدد طولياً، ويترتب على هذا زيادة في أبعاده، وبالتالي يحدث له تمدد سطحي، ويترتب على ذلك أن يتمدد الجسم تمدداً حجمياً، وهذا التمدد يتم في جميع الاتجاهات. فإذا كان ( ح$_{١}$ ) الحجم الأصلي للجسم عند $(T_1)$، و( ح$_{٢}$ )



el-online.net

حجم الجسم بعد التسخين أي عند ( $T_2$ ) ، فإن التغير في الحجم يكون :

$$\Delta ح = ح_2 - ح_1 \quad \ldots\ldots\ldots (١)$$

وقد وجد أن : $\Delta ح \propto ح_1 \times \Delta T$

حيث $\Delta T$ = مقدار التغير في درجة الحرارة .

أي أن : $\Delta ح = م_{ح} \times ح_1 \times \Delta T \quad \ldots\ldots\ldots (٢)$

حيث ( $م_{ح}$ ) معامل التناسب، ويسمى "**معامل التمدد الحجمي**" Coefficient of volume Expansion ومن المعادلة ( ٢ ) نجد أن :

$$م_{ح} = \frac{\Delta ح}{ح_1 \times \Delta T} \quad \ldots\ldots\ldots (٣)$$

- فإذا كان ( $\Delta ح$ ) الزيادة في حجم الجسم، و( $ح_1$ ) الحجم الأصلي للجسم، و $\Delta T$ = درجة واحدة مئوية، أعط تعريفاً لمعامل التمدد الحجمي من المعادلة ( ٣ ) .
- ولكي نتمكن من حساب أو إيجاد الحجم النهائي للجسم استخدم العلاقة الآتية :

$$ح_2 = ح_1 ( ١ + م_{ح} ( T_1 - T_2 ) ) . \quad \ldots\ldots\ldots (٤)$$

- حاول أن تستنتج العلاقة ( ٤ ) من العلاقة ( ٣ ) .

## العلاقة بين معاملي التمدد الطولي والحجمي للجسم

بما أن للحجم ثلاثة أبعاد، فإنه لايجاد معامل التمدد الحجمي، نضرب معامل التمدد الطولي في ٣ ، أي يكون معامل التمدد الحجمي للجسم :

$$م_{ح} = ٣ \times م_{ط}$$

وعلى هذا الأساس يمكن كتابة المعادلة ( ٤ ) بالصورة الآتية :

$$ح_2 = ح_1 ( ١ + ٣ م_{ط} ( T_1 - T_2 ) ) \quad \ldots\ldots\ldots (٥)$$

- يتوقف التمدد الحجمي على : نوع مادة الجسم، الحجم الأصلي للجسم، مقدار الارتفاع في درجة حرارة الجسم .

el-online.net

■ **مثال :** قطعة من الزجاج يزداد حجمها بمقدار ( ٠٫٥٤ سم$^{٣}$ ) إذا سخنت من درجة ( ٢٠مْ ) إلى درجة ( ١٢٠مْ ) فما حجمها الأصلي عند درجة ( ٢٠م ) إذا كان معامل التمدد الطولي للزجاج ٠٫٠٠٠٠٠٩ ( درجة )$^{-١}$ ؟

● **الحل :** ∵ م$_{ح}$ = ٣ × م$_{ط}$

∴ م$_{ح}$ = ٣ × ٠٫٠٠٠٠٠٩ = ٠٫٠٠٠٠٢٧ ( درجة )$^{-١}$

∵ Δح = ح$_{١}$ × م$_{ح}$ × Δ T

∴ ٠٫٥٤ = ح$_{١}$ × ٠٫٠٠٠٠٢٧ × ( ١٢٠ – ٢٠ )

٠٫٥٤ = ح$_{١}$ × ٠٫٠٠٠٠٢٧ × ١٠٠

ومنها نجد أن : ح$_{١}$ = $\frac{٠٫٥٤}{٠٫٠٠٠٠٢٧ \times ١٠٠}$ = ٢٠٠ سم$^{٣}$ .

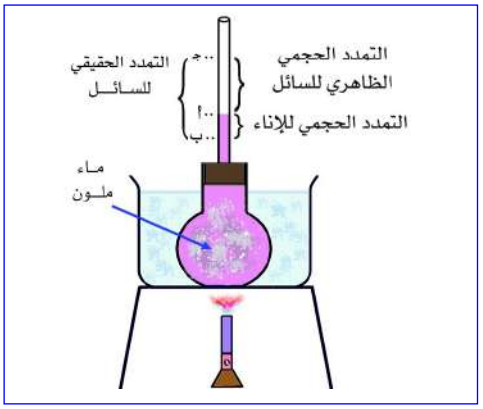
∴ الحجم الأصلي لقطعة الزجاج عند ٢٠مْ = ٢٠٠ سم$^{٣}$ .

## تمـــدد الســـوائـل
## Expansion of Liquids

كيف تتمدد السوائل؟

لكي تتعرف على ذلك نفذ النشاط الآتـي :

١ – خذ دورقاً وأملأه تماماً بماء ملون، ثم سد فوهته بإحكام بسداد تنفذ منه أنبوبة زجاجية .



شكل ( ٤ )

٢ – اضغط على السداد حتى يرتفع الماء الملون ارتفاعاً مناسباً في الأنبوبة . . ضع علامة عند سطح الماء الملون في الأنبوبة ولتكن النقطة (أ) .

٣ – اغمر الدورق إلى قرب فوهته في حوض به ماء ساخن ( انظر الشكل ٤ ) .

٤ – لاحظ ما يحدث لارتفاع سطح الماء الملون في الأنبوبة، صف ذلك .

عند تسخين سائل موضوع في إناء يتأثر حجم كل من الإناء والسائل ( الماء )، ولكن تأثر الإناء يسبق تأثر السائل، وبما أن السوائل لها حجوم ثابتة، وليس لها أشكال ثابتة، فهي لا تتمدد تمدداً طولياً ولا سطحياً ولكنها تتمدد تمدداً حجمياً .



el-online.net

- فعند بدء التسخين في النشاط السابق، ينخفض سطح الماء الملون في الأنبوبة من (أ) إلى (ب) وهذا يؤكد أن الدورق يتأثر بالحرارة قبل تأثر السائل (الماء) ويتمدد الدورق قبل أن يتمدد السائل (الماء) وبعد فترة زمنية من التسخين يرتفع الماء تدريجياً من (ب) إلى (أ) ثم إلى (جـ).
- انخفاض ارتفاع سطح الماء من (أ) إلى(ب) يدل على مقدار التمدد الحجمي للدورق، وارتفاع الماء من (ب) إلى (جـ) يدل على مقدار التمدد الحجمي الحقيقي للماء، بينما يدل ارتفاع الماء من (أ) إلى (جـ) على التمدد الحجمي الظاهري للسائل (الماء).

∴ الحجم من (أ) إلى (ب) إلى (جـ) = الحجم من (أ) إلى (ب) + الحجم من (ب) إلى (جـ).

- التمدد الحجمي الحقيقي للسائل (الماء) = التمدد الحجمي للإناء + الزيادة الظاهرية للسائل (الماء) أي أن:

الزيادة الحقيقية في حجم السائل = الزيادة في حجم الإناء + الزيادة الظاهرية في حجم السائل.

- الزيادة الحقيقية في حجم السائل = الحجم الأصلي × معامل التمدد الحقيقي للسائل × مقدار الارتفاع في درجة الحرارة.
- والزيادة الظاهرية في حجم السائل= الحجم الأصلي × معامل التمدد الظاهري للسائل × مقدار الارتفاع في درجة الحرارة.
- وبما أن للسائل تمدد حجمي حقيقي وتمدد حجمي ظاهري فله معامل تمدد حجمي حقيقي ومعامل تمدد حجمي ظاهري.. أعطِ تعريفاً لكل منهما.

■ **مثال ١** : مخبار مدرج به (٧٠سم$^{٣}$) من سائل عند درجة (٢٥مْ) احسب الزيادة الظاهرية في حجم هذا السائل عندما ترتفع درجة حرارته إلى (٧٥مْ) إذا علمت أن معامل التمدد الحجمي الظاهري للسائل يساوي (٠,٠٠٠٢) درجة$^{-١}$.

● **الحل** : الزيادة الظاهرية في حجم السائل= الحجم الأصلي × معامل التمدد الظاهري للسائل × مقدار الارتفاع في درجة الحرارة.

الزيادة الظاهرية في حجم السائل = ٧٠ × ٠,٠٠٠٢ × (٧٥ – ٢٥)

الزيادة الظاهرية في حجم السائل = ٧٠ × ٠,٠٠٠٢ × ٥٠ = ٠,٧سم$^{٣}$



el-online.net

■ **مثال ٢** : كمية من الكيروسين حجمها ٢٠٠ لتراً في درجة الصفر المئوي، سخنت وتمددت، أوجد درجة الحرارة التي عندها يصبح حجم الكيروسين ٢٠٨ لتراً، علماً بأن معامل التمدد الحجمي للكيروسين ٠٫٠٠١ درجة$^{-١}$ .

● **الحـل** : $\Delta ح = ح_{٢} - ح_{١} = ٢٠٨ - ٢٠٠ = ٨$ لتر.

$$\Delta ح = ح_{١} \times م_{ث} \times \Delta T$$

$$٨ = ٢٠٠ \times ٠٫٠٠١ \times \Delta T$$

$$\Delta T = \frac{٨}{٠٫٠٠١ \times ٢٠٠} = ٤٠ \text{ م}^{\circ}$$

$$\therefore T_2 - T_1 = ٤٠ \text{ م}^{\circ}$$

وحيث أن $T_1$ = صفر

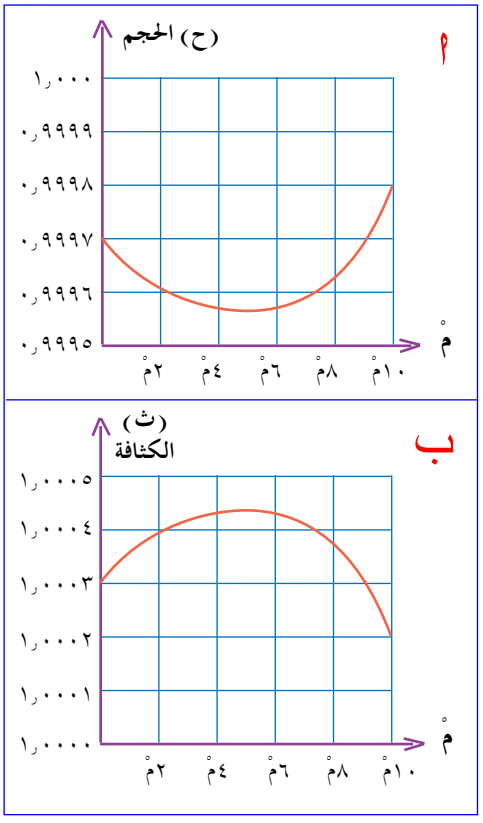
$$\therefore T_2 = ٤٠ \text{ م}^{\circ}$$

## التمـدد الشـاذ للمـاء
## Unusual Expansion of Water

عرفت من خلال دراستك السابقة أن معظم السوائل تتمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة، فهل يسلك الماء هذا السلوك نفسه أم أنه يشذ عنها؟

انظر الشكل ( ٥ أ، ب ) ثم وضح عند أي من درجات الحرارة يسلك الماء سلوك السوائل الأخرى.. وعند أي من درجات الحرارة يشذ وماذا يحدث للكثافة عند هذه الدرجات؟

إن معظم المواد تتمدد بالتسخين وتنكمش بالتبريد، ولكن الماء يشذ عن هذه القاعدة، فعند درجة حرارة ابتداء من درجة الصفر المئوي إلى




شكل ( ٥ )



el-online.net

درجة ( ٤ مْ ) ينكمش الماء وبالتالي يقل حجمه وتزيد كثافته، وعند رفع درجة حرارة الماء من ( ٤ مْ ) إلى ١٠٠مْ ) يسلك الماء سلوك السوائل الأخرى وبالتالي يزيد حجمه وتقل كثافته، وإذا بُرِّد الماء من ( ١٠٠مْ ) إلى ( ٤مْ ) يسلك سلوك السوائل الأخرى، وإذا بُرِّد من ( ٤مْ ) إلى درجة الصفر المئوي، فإنه يتمدد وبالتالي يزيد حجمه وتقل كثافته.

**قضية للبحث :** اكتب تقريراً علمياً مبسطاً تبين فيه الأثر الإيجابي للتمدد الشاذ للماء في حياة الكائنات الحية المائية.

## تمدد الغازات
## Expansion of Gases

- هل الغازات تتمدد بالتسخين وتنكمش بالتبريد مثل المواد الصلبة والسائلة؟ أم أنها لا تتأثر بذلك؟
- لكي تتعرف على ذلك نفذ النشاط الآتي :

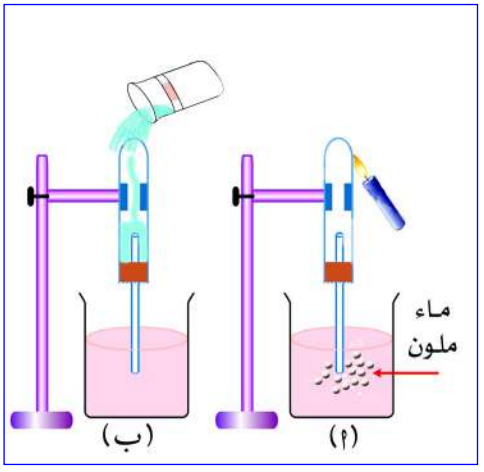
١ – خذ أنبوبة اختبار، وسدها بسداد تنفذ منه أنبوبة زجاجية ضيقة.

٢ – نكس طرف الأنبوبة الزجاجية في إناء به ماء ملون ثم سخن أنبوبة الاختبار، كما هو موضح في الشكل ( ٦–أ ).

٣ – لاحظ ما يحدث عند فوهة الأنبوبة الزجاجية داخل الماء، علامَ يدل ذلك؟

٤ – أبعد اللهب عن أنبوبة الاختبار، ثم صب ماءاً بارداً ( مثلجاً ) عليها.. ولاحظ ما يحدث.

- ماذا تستنتج من هذا النشاط؟
- إن حدوث فقاعات عند فوهة الأنبوبة الزجاجية المنكسة داخل الماء الملون



شكل ( ٦ )



el-online.net

يدل على أن الهواء داخل أنبوبة الاختبار قد تمدد، وارتفاع الماء داخل الأنبوبة الضيقة، يدل على أن الهواء داخل أنبوبة الاختبار انكمش، فحل محله الماء الملون.

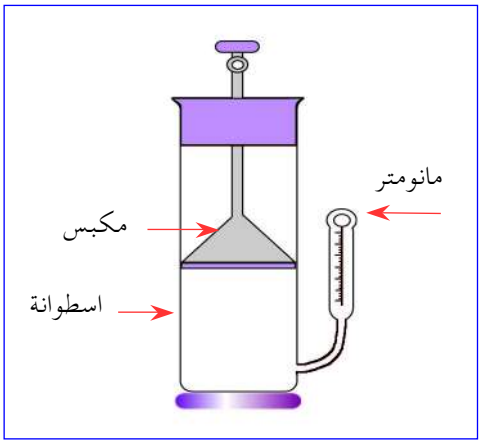
إن الغازات شأنها شأن المواد الصلبة والسائلة تمدد بالحرارة وتنكمش بالبرودة.

## قوانين الغازات
## Gases's Laws

لقد وجد من الشواهد والتجارب أن جميع الغازات تمتلك حجم، وضغط، ودرجة حرارة، وأن دراسة أية عملية تحدث للغاز تتم عن طريق العمليات الآتية:

### أولاً: العملية الأيزوثرمية (قانون بويل) Boyle's law:

لدراسة العلاقة بين حجم مقدار معين من غاز وضغطه، عند ثبوت درجة حرارته، يستخدم الجهاز الموضح في الشكل (٧) وهو جهاز محكم الاغلاق يتكون من أسطوانه، يوضع فيها كمية من الغاز، وفيها مكبس يمكن تحريكه إلى أعلى وإلى أسفل، بحيث يمكننا من التحكم بحجم الغاز، كما يوجد مانومتر لقياس ضغط الغاز، فعندما يكون المكبس في أعلى الأسطوانة، يكون حجم الغاز بقدر حجم الأسطوانه أي يكون حجم الغاز = ح١



شكل (٧)

ويكون ضغطه = ض١، وعندما يكون المكبس في وسط الأسطوانة يكون حجم الغاز بقدر حجم نصف الأسطوانه، أي يكون حجم الغاز ح٢ = $\frac{١}{٢}$ ح١

وَ ض٢ = ٢ ض١، وعندما يكون حجم الغاز يساوي ثلث حجم الأسطوانه يكون حجم الغاز ح٣ = $\frac{١}{٣}$ ح١، وضغطه ض٣ = ٣ ض١.

ماذا تلاحظ من هذا؟

يلاحظ أن ضغط الغاز يتغير عكسياً مع حجمه عند ثبوت درجة حرارته، أي أن:



el-online.net

$\frac{ض_1}{ض_2} = \frac{ح_2}{ح_1}$ أو ض$_1$ × ح$_1$ = ض$_2$ × ح$_2$ = كمية ثابتة.

وهذه الحقيقة هي أساس قانون بويل والذي ينص على أن:

- **حاصل ضرب حجم كمية معينة من غاز في ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة يساوي كمية ثابتة.**

أي أن: ض × ح = كمية ثابتة.

**قضية للبحث:** كيف تتغير كثافة كمية معينة من الغاز بتغير حجمه؟

## الغـــاز المثـالـي
## Ideal Gas

- ما الغـــاز المثـــالـــي؟
- الغاز الذي يخضع لقانون بويل يعرف بالغاز المثالي أي: **هو الغاز الذي حجمه يتناسب عكسياً مع ضغطه عند ثبوت درجة الحرارة**.. إن الغالبية العظمى من الغازات المعروفة مثل الأكسجين والهيدروجين والنيتروجين والهيليوم تعد غازات مثالية Ideal gases .

### ثانياً: العملية ثابتة الحجم (قانو شارل) Charle's Law:

في هذه العملية يتم دراسة العلاقة بين ضغط الغاز ودرجة حرارته عند ثبوت حجمه، فعندما تكون درجة حرارة الغاز = صفر مئوي، يكون ضغطه الابتدائي ض = ض. أي عندما تكون درجة الحرارة = T. يكون ض = ض. وعندما تكون درجة الحرارة = $T_1$ يكون ض=ض$_1$، وعندما تكون درجة الحرارة = $T_2$ يكون ض=ض$_2$ وعندما تكون درجة الحرارة = $T_3$ يكون ض=ض$_3$ وهكذا..

وقد وجد في هذه العملية أن التغير في ضغط الغاز (Δض) يتناسب طردياً مع ضغطه الابتدائي (ض.) ومع التغير في درجة حرارته (Δ T) أي أن:

Δض ∝ ض. × Δ T ، Δض = ثابت × ض. × Δ T



el-online.net

$\Delta$ ض = م ضح × ض. × $\Delta$ T ..... ( ١ )

حيث ( م ضح ) مقدار ثابت يسمى معامل التناسب .

ويعرف بأنه **معامل الضغط الحراري** Cofficient of thermal Pressure .

ومن المعادلة ( ١ ) يكون معامل الضغط الحراري ( م ضح ) = $\frac{\Delta \text{ ض}}{\text{ض. } \times \Delta T}$

استنتج من هذه العلاقة وحدة قياس ( م ضح ) .

وحيث أن $\Delta$ ض = ( ض – ض. ) و $\Delta T = (T. - T)$

وبالتعويض في المعادلة ( ١ ) نجد أن :

ض – ض. = م ضح × ض. ( T. – T ) ومنها نحصل على :

ض = ض. ( ١ + م ضح × $\Delta$ T ) ..... ( ٢ )

وقد وجد العالم شارل أن معامل الضغط الحراري ( مضح ) هو مقدار واحد في جميع الغازات وهو يساوي $\frac{١}{٢٧٣}$ ، كما وجد فيما بعد أن هذا القانون الذي يعرف بقانون شارل ينطبق على الغازات المثالية، ذات الكثافة الصغيرة، وبناءً على ما مر فإن العلاقة الرياضية لقانون شارل تكون : ض = ض. ( ١ + $\frac{١}{٢٧٣}$ T )

## ثالثاً : العملية ثابتة الضغط ( قانون جاي لوساك ) :

لنأخذ كمية من غاز مثالي، ولنفرض أنه في الحالة الأولى تكون درجة الحرارة للغاز = $T_1$ والضغط = ض١ والحجم = ح١ ، وفي الحالة الثانية تكون درجة الحرارة = $T_2$ ، والضغط = ض٢ ، والحجم = ح٢ ، وإذا فرضنا أيضاً أن انتقال كمية الغاز المثالي هذه من الحالة الأولى إلى الحالة الثانية يتم على مرحلتين :

- المرحلة الأولى : وفيها تجرى عملية تحول الغاز بدون تغير الضغط ( الضغط الثابت ) إلى حالة مؤقتة حيث تكون درجة الحرارة = $T_2$ ، والضغط = ض٢ ( ثابت ) ، والحجم = ح حالة مؤقتة ( وهذا في الحالة المؤقتة ) وفي هذه الحالة المؤقتة تكون :

$\frac{T_1}{T_2} = \frac{\text{ح}_١}{\text{ح مؤقتة}}$ ..... ( ١ )

**أي أن الحجم يتناسب طردياً مع درجة الحرارة عند ثبوت الضغط** ويسمى هذا القانون بقانون ( جاي – لوساك Gay - Lussac's law ) .



el-online.net

● في المرحلة الثانية: وفيها يجرى التحول بدون تغير درجة الحرارة، أي أن درجة الحرارة = $T_2$ ( ثابتة ) والضغط = ض٢، الحجم = ح٢، وبموجب قانون بويل فإن:

ح مؤقتة × ض١ = ح٢ × ض٢ ..... ( ٢ )

ومن المعادلة ( ١ ) نجد أن : ح مؤقتة = $\frac{T_2 \times ح_1}{T_1}$

وبتعويض قيمة ( ح مؤقتة ) التي أوجدناها من المعادلة ( ١ ) في المعادلة ( ٢ ) نجد أن:

$\frac{T_2 \times ح_1}{T_1}$ × ض١ = ح٢ × ض٢ ومنها: $\frac{ح_2 \times ض_2}{T_2} = \frac{ح_1 \times ض_1}{T_1}$ .... ( ٣ )

إن هذه المعادلة ( ٣ ) تسمى بالمعادلة العامة للغازات، وتكون درجة الحرارة فيها مقاسة بالمقياس المطلق.

■ **مثال ١ :** إذا كان حجم غاز في درجة الصفر المئوي يساوي ( ٤٥٠سم٣ ) فما حجمه في درجة ( ٩١مْ ) بفرض أن ضغطه ثابتاً ؟

● **الحل :** ∵ $\frac{ح_1}{ح_2} = \frac{273 + T_1}{273 + T_2}$ ∴ $\frac{450}{ح_2} = \frac{273 + 91}{273 + صفر} = \frac{273}{364}$

∴ ح٢ = $\frac{450 \times 364}{273}$ = ٦٠٠سم٣

**ملحـوظـة:**

عند حل مثل هذه الأمثلة والمسائل يجب تحويل درجة الحرارة المئوية إلى درجة حرارة مطلقة.

■ **مثال ٢ :** إذا كان ضغط غاز عند درجة ( ٢٦مْ ) يساوي ( ٥٩,٨ سم. زئبق ) فما ضغطه عند درجة ( ١٣٠مْ ) إذا علمت أن حجمه ثابت؟

● **الحل :** ∵ $\frac{ض_1}{ض_2} = \frac{273 + T_1}{273 + T_2}$ ∴ $\frac{59,8}{ض_2} = \frac{273 + 130}{273 + 26} = \frac{403}{299}$

∴ ض٢ = $\frac{59,8 \times 403}{299}$ = ٨٠,٦ سم.زئبق



el-online.net

# تقويم الوحدة

**نتوقع منك بعد الانتهاء من دراسة هذه الوحدة أن تكون قادراً على الإجابة عن الأسئلة الآتية :**

**س١ : أكمل الفراغات الآتية بما يناسبها :**

١ – تستخدم المزدوجات المعدنية في صناعة ..... الحرارة التي تستخدم في المكواة الكهربائية في ..... الكهربائي وفي منذر الحريق.

٢ – الزيادة الحقيقية في حجم السائل تساوي حاصل ضرب الحجم الأصلي للسائل مضروباً في ..... مضروباً في ..... في درجة الحرارة.

٣ – وجد العالم شارل أن معامل الضغط الحراري ( م ضغ ) هو مقدار واحد في جميع الغازات ويساوي .....

**س٢ : ضع علامة ( ✓ ) أمام العبارة الصحيحة وعلامة ( ✗ ) أمام العبارة الخطأ فيما يلي :**

١ – الغاز المثالي هو الغاز الذي حجمه يتناسب طردياً مع ضغطه عند ثبوت درجة حرارته. ( )

٢ – العملية التي يتم فيها دراسة العلاقة بين حجم مقدار معين من غاز وضغطه عند ثبوت درجة حرارته تسمى العملية الأيزوثرمية. ( )

٣ – معامل التمدد الحجمي يساوي ثلث معامل التمدد الطولي لنفس الجسم. ( )

٤ – السلوك الشاذ للماء يحدث بين درجتي الحرارة الصفر المئوي و٤مْ فقط. ( )

**س٣ : ضع دائرة حول الحرف الدال على الإجابة الصحيحة لكل عبارة من العبارات الآتية :**

١ – تسمى نسبة الزيادة الحاصلة في طول الجسم إلى طوله الأصلي عند ارتفاع درجة حرارته بالتسخين درجة واحدة مئوية باسم ...



el-online.net

أ – معامل التمدد الحجمي ب – معامل التمدد الطولي

جـ – معامل الضغط الحراري د – قانون بويل

٢ – العملية التي يتم فيها دراسة العلاقة بين ضغط غاز ودرجة حرارته عند ثبوت حجمه يوضحها . . .

أ – القانون العام للغازات ب – قانون بويل

جـ – قانون جاي لوساك د – قانون شارل

٣ – تعد الثرموستات إحدى تطبيقات . . .

أ – التمدد الطولي ب – التمدد الحجمي للسوائل

جـ – التمدد الحجمي للغازات د – التوصيل بتيارات الحمل

**س٤ : علل ما يأتي :**

١ – يكون للسوائل تمدد حجمي حقيقي وتمدد حجمي ظاهري .

٢ – تنكسر القارورة الزجاجية المملوءة بالماء تماماً إذا وضعت في مجمد الثلاجة لفترة زمنية طويلة حتى يتجمد فيها الماء .

٣ – تستطيع الكائنات الحية المائية العيش والتحرك دون أن تموت في البحيرات في المناطق الباردة أيام الشتاء .

٤ – تمدد الغازات أكبر من تمدد السوائل، وتمدد السوائل أكبر من تمدد المواد الصلبة .

**س٥ : أعط تعريفاً علمياً لما يأتي :**

التمدد الطولي، التمدد الحجمي، معامل التمدد الطولي، معامل التمدد الحجمي، الغاز المثالي .

**س٦ : اذكر تطبيقاً واحداً أو ظاهرة واحدة لكل من :**

التمدد الطولي ،التمدد الحجمي للغازات .



el-online.net

س٧ : اكتب العلاقات الرياضية التي توضح الآتـي :

- قانون بويل
- قانون شارل
- القانون العام للغازات
- معامل التمدد الطولي
- معامل التمدد الحجمي
- الطول النهائي
- الحجم النهائي

س٨ : اشرح نشاط مع الرسم تبين فيه تمدد الغازات بالحرارة وانكماشها بالبرودة.

س٩ : ساق من الحديد طولها الأصلي ١٠٠سم في درجة ٢٥مْ، وضعت في فرن للتسخين فأصبح طولها ١٠٠,٩٦سم، فإذا كان معامل التمدد الطولي للحديد ٠,٠٠٠٠١١ (درجة )$^{-١}$ احسب درجة حرارة الفرن.

س١٠ : كرة من الحديد حجمها الأصلي ( ٥٠سم$^{٣}$ )في درجة الصفر المئوي، رفعت درجة حرارتها إلى ( ١٠٠مْ) فأصبح حجمها ( ٥٠,١٦٥سم$^{٣}$ )، أوجد كل من التمدد الطولي والتمدد الحجمي للحديد.

س١١ : ساق من النحاس طولها ( ٣٠سم) ومساحة مقطعها ٢٠سم$^{٢}$ ، رفعت درجة حرارتها من ٢٥مْ إلى ١٧٥مْ فإذا علمت أن معامل التمدد الطولي للنحاس ١,٧×١٠$^{-٥}$ لكل درجة مئوية، فأوجد مقدار الزيادة في كل من :

أ – طول الساق، ب – مساحة مقطع الساق، جـ – حجم الساق

س١٢ : مخبار مدرج به ( ٧٠سم$^{٣}$ ) من سائل عند درجة ٢٥مْ، احسب الزيادة الحقيقية والظاهرية في حجم السائل عندما ترتفع درجة حرارته إلى ٧٥مْ، مع العلم أن معامل التمدد الحقيقي للسائل ٠,٠٠٠١٨ (درجة)$^{-١}$ ، ومعامل التمدد الظاهري له ٠,٠٠٠٢ (درجة)$^{-١}$ .

س١٣ : حجم قنينة الكثافة الزجاجية عند درجة الصفر المئوي ( ٤٠٠سم$^{٣}$ ) ملئت إلى حافتها بالزئبق وسخنت إلى درجة ( ١٠٠مْ)، وخرج منها



el-online.net

عند التسخين (٦,١٢سم٣) من الزئبق، احسب معامل التمدد الحجمي للزئبق، إذا علمت أن معامل التمدد الطولي لزجاج ٠,٠٠٠٠٠٩ (درجة)-١.

س١٤ : إطار سيارة به هواء ضغطه (١١٤سم . زئبق)، وكانت درجة حرارة الهواء (-٣مْ)، احسب ضغط الهواء في الإطار عندما ترتفع درجة حرارته إلى ٥١مْ، بفرض ثبوت حجمه.

س١٥ : لتر غاز في درجة ١٠مْ، رفعت درجة حرارته إلى ٢٩٣مْ، أوجد حجمه إذا علمت أن ضغط الغاز ثابتاً.

س١٦ : أسطوانة ذات مكبس محكم قابل للحركة تحتوي على غاز حجمه ٦٤ لتراً عندما كان الضغط الجوي ٧٥ سم.زئبق ودرجة الحرارة ٢٧ مْ. اوجد الحجم الذي يشغله الغاز بداخل الأسطوانة عندما تنقل إلى مكان مرتفع يبلغ الضغط الجوي فيه ٥٦ سم.زئبق ودرجة الحرارة ٧مْ.



el-online.net

# مـــلاحـــق الكتـــــاب



el-online.net

## رموز الكميات والوحدات المستخدمة في الكتاب باللغتين العربية والانجليزية

| | |
|---|---|
| Absolute Scale (Kelvin scale) | التدريج المطلق |
| Absalute Scale | الصفر المئوي |
| Accelaration | العجلـة |
| Acceleration of gravity | عجلة الجاذبية الأرضية |
| Adhesion | التصاق |
| Area | المساحة |
| Average velocity | السرعة المتوسطة |
| Basic Quantity | كمية أساسية |
| Calorie | السعر |
| Calorimetr | المسعِّر |
| Capacitance | السعة الكهربائية |
| Capillarity | الخاصية الشعرية |
| Center of Gravity | مركز الثقل |
| Centigrade Scale (Selsins scale) | التدرج المئوي |
| Cefficient of Friction | معامل الاحتكاك |
| Coefficient of Linear Erpansion | معامل التمدد الطولي |
| Coefficient of Thermal Conduction | معامل التوصيل الحراري |
| Coefficient of Volume Expansion | معامل التمدد الحجمي |
| Coefficient of Thermal Pressure | معامل الضغط الحراري |
| Collision | التصـــادم |
| Compresion | انضغـــاط |
| Conservation of Motiom | بقاء كمية التحرك |
| Conservation Principle of Energy | مبدأ حفظ بقاء الطاقة |
| Constant Acceleration | العجلة المنتظمة |



el-online.net

| | |
|---|---|
| Constant Velocity | السرعة المنتظمة |
| Convection Current | تيـارات الحمـل |
| Density | الكثـافـة |
| Derived Quantity | كمية مشتقة |
| Displacement | الإزاحة |
| Distance | مسافـــة |
| Elastic Collision | التصادم المرن |
| Elasticity | المـــرونـــة |
| Elasticity Work | شغل قوة المرونة |
| Electrical Capacitance and Condensers | السعة الكهربائية والمكثفات |
| Electrical Cells | الأعمدة الكهربائية |
| Electrical Condenser | المكثف الكهربائي |
| Electrical Current and Ohm's Law | التيار الكهربائي وقانون أوم |
| Electrical Field | المجال الكهربائي |
| Electrical Resistance | المقاومة الكهربائية |
| Energy | الطـاقـة |
| Energy Change | تحولات الطاقة |
| Equilibirum | التـــوازن |
| Fahrenheit Scale | التدريج الفهرنهايتي |
| Floids | مـوائـــع |
| Force | القـــوة |
| Force of Siliding Friction | قوة الاحتكاك الحركي |
| Force of Static Friction | قوة الاحتكاك السكونية |
| Free Fall | السقوط الحر |
| Friction | الاحتكـــاك |



el-online.net

| | |
|---|---|
| Frictional Force | قوة الاحتكاك |
| Gay- Lussac's Law | قانون جاي لوساك |
| Gravity | الجـاذبيـة |
| Heat Capacity | السعة الحرارية للجسم |
| Hook's Law | قانون هوك |
| Ideul Gas | الغاز المثالي |
| Inelasic Collision | التصادم غير المرن |
| Inertia | القصور الذاتي |
| Instantaneous Velocity | السرعة اللحظية |
| Internal Energy | الطاقة الداخلية |
| Iso -Thermal Process | العملية الايزوثرمية |
| Jule | الجـــول |
| Kilogram | كيلو جرام |
| Dinematics Equation | معادلة الحركة |
| Dinematic Energy | طاقة الحركة |
| Dinematic Enegy and Work | الشغل وطاقة الحركة |
| Kinetic Theory of Matter | النظرية الحركية للمادة |
| Length | الطـــول |
| Linear Expansion | التمدد الطولي |
| Longitudinal Stress | الاجهاد الطولي |
| Measurment | القياس |
| Measurment system | نظام القياس |
| Mass | الكتلة |
| Metre | متر |
| Metric System | النظام المتري |



el-online.net

| | |
|---|---|
| Micrometre Screwgauge | الميكرومتر الحلزوني |
| Momentum | كمية التحرك |
| Physics | الفيزياء |
| Potential Energy | طاقة الوضع |
| Potential Energy and Work | الشغل وطاقة الوضع |
| Power | القدرة |
| Quantity of Heat | كمية الحرارة |
| Rigid Body | جسم صلب |
| Scalar Quantity | كمية قياسية |
| Science | العلوم |
| Second | ثانية |
| Specific Heat | الحرارة النوعية للمادة |
| Speed | السرعة |
| Stopwach | ساعة إيقاف |
| Stres | الاجهاد |
| Temprature | درجة الحرارة |
| Temperature Gardient | منحدر درجة الحرارة |
| Thermal Conduction | التوصيل الحراري |
| Thermal Equalibrium | الاتزان الحراري |
| Thermal Radiation | الاشعاع الحراري |
| Thermostate | منظم الحرارة ( الثرموستات ) |
| The Van De Graf Generators | مولد فان دي جراف |
| Thrust | الدفع |
| Time | الزمن |
| Torque | عزم القوة |
| Unit of Force | وحدة القوة |



el-online.net

| | |
|---|---|
| Universe Law Of Gases | القانون العام للغازات |
| Vector | المتجـــه |
| Vector Quantity | كمية متجهة |
| Vernier Calipers | القدمة الورنية |
| Volume | الحجم |
| Volume Expansion | التمدد الحجمي |
| Watt | الـوات |
| Weight | الـوزن |
| Work | الشغـل |
| Work and Energy | الشغل والطاقة |
| Work of Friction | شغل الاحتكاك |
| Work of Gravity | شغل قوة الجاذبية |
| Young Modulues | معامل يونج |



el-online.net

# أسماء ورموز الكميات الأساسية والمشتقة الواردة في الكتاب ووحدات قياسها

| الكمية | الرمز العربي المستخدم | الرمز | وحدات القياس في النظام SI | |
|---|---|---|---|---|
| الارتفاع | ل | h | م | m |
| الازاحة | ف | d | م | m |
| التوتر السطحي | | ϰ | نيوتن / م | n/m |
| الجهد الكهربائي | جـ | V | فولت | v |
| الحجم | ح | vol | م٣ | $m^3$ |
| الحرارة الكامنة | حر | H | جول / كجم | j / kg |
| الحرارة النوعية | حن | S.H | جول / كجم . مْ = سعر / جم . مْ | J/Kg. C |
| الزمن | ز | t | ثانية ( ث ) | S |
| السرعة | ع | V | م / ث | m/s |
| السرعة الابتدائية | ع. | $V_0$ | م / ث | m/s |
| السرعة المتوسطة | عم | $\overline{V}$ | م / ث | m/s |
| السعة | سع | C | فاراد | F |
| السعة الحرارية | سعح | HC | --- | --- |
| الشحنة الكهربائية | سه | q | كولوم | C |
| الشغل ( الميكانيكي ) | شغ | W | نيوتن . متر = جول | N.m = J |
| شغل قوة الاحتكاك | شغح | W r | نيوتن . متر = جول | N.m = J |
| شغل قوة الجاذبية | شغد | Wg | نيوتن . متر = جول | N.m = J |
| شغل قوة المرونة | شغر | We | نيوتن . متر = جول | N.m = J |
| الضغط | ض | P | نيوتن / م٢ = باسكال | $N/m^2 = P_a$ |
| الطاقة | ط | E | جول | J |
| الطاقة المختزنة | طم | PE | جول | J |
| الطول | ل | L | متر ( م ) | m |
| العجلة | جـ | a | م /ث٢ | $m/s^2$ |
| القوة | ق | F | نيوتن | N |
| الكتلة | ك | m | كيلوجرام ( كجم ) | Kg |



el-online.net

| الكمية | الرمز العربي المستخدم | الرمز | وحدات القياس في النظام SI | |
|---|---|---|---|---|
| الكثافة | ث | $\rho$ | كجم/م$^3$ | $Kg/m^3$ |
| المساحة | س | A | م$^2$ | $m^2$ |
| المسافة | ف | d | م | m |
| المقاومة الكهربائية | م | R | أوم | $\Omega$ |
| الوزن | و | W | نيوتن | N |
| درجة الحرارة | ك | $^{\circ}K$ | درجة مطلقة ( كلفن ) | $^{\circ}K$ |
| شدة الاستضاءة | قنديلة | cd | قنديلة | cd |
| شدة المجال الكهرباي | مج | E | فولت/متر = نيوتن/كولوم | N/c=v/m |
| طاقة الحركة | ط ح | $K_E$ | جول | J |
| طاقة الوضع | ط و | P.E | جول | J |
| عجلة الجاذبية الأرضية | ء | g | م/ث$^2$ | $m/s^2$ |
| عزم القصور الذاتي | ـــــ | I | كجم.م$^2$ | $Kg.m^2$ |
| عزم القوة | ع ( ق ) | OM | نيوتن. متر | N.m |
| قوة الاحتكاك | ق ح | $F_S$ | نيوتن | N |
| قوة الشد | س ه | T | نيوتن | N |
| قوة رد الفعل | ق ر | N | نيوتن | N |
| كمية التحرك | كت | M | كجم.م/ث= نيوتن/ث | N / S |
| كمية الحرارة | حر | H | سعر، جول | C , J |
| معامل الاحتكاك | م ح | $\mu_s.\mu_k$ | | |
| معامل الشد السطحي | ---- | | جميع المعاملات بدون وحدات قياس | |
| معامل المرونة | هـ | k | | |
| معامل النفاذية | --- | $\mu_0$ | | |
| معامل ينج | ي | Y | | |



el-online.net

# وحدات تعرف بدلالات
# الوحدات الدولية SI

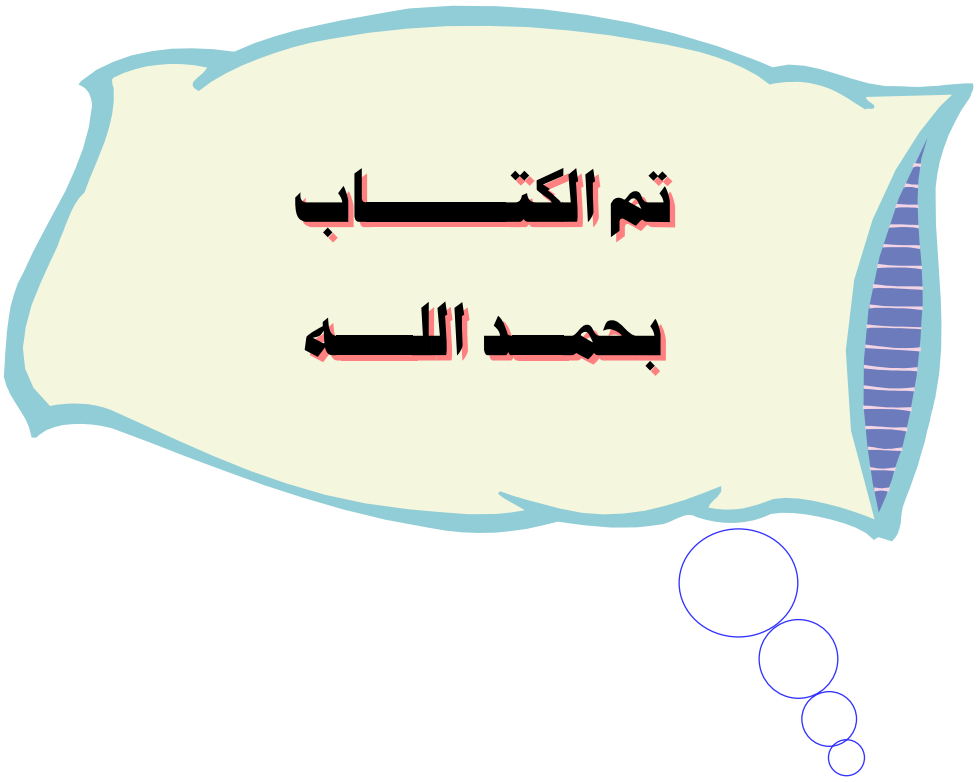
| الكمية | الوحدة | الرمز | الوحدة بدلالة وحدات SI |
|---|---|---|---|
| الحجم | لتر | L | ١ م$^3$ = $\frac{1}{1000}$ $m^3$ = ٠,٠٠١ متر$^3$ = $0.001/m^3$ |
| الزمن | دقيقة | ق Min | ٦٠ ث 60 S |
| | ساعة | س hr | ٣٦٠٠ 3600 S |
| | اليوم | d | ٢٤ ساعة = ٢٤×٣٦٠٠ ث<br>24hr = (24 X 3600 S) |
| الكتلة | طن | t | ١٠$^3$ كجم 1000 Kg |
| درجة الحرارة | درجة مئوية | مْ °c | درجة الحرارة المطلقة –٢٧٣,١٥<br>(Temp in K) - 273.15 |



el-online.net

# الحـــروف اللاتينيـــة

| | | | |
|---|---|---|---|
| α | A | Alpha | ألفا |
| β | B | Beta | بيتا |
| γ | Γ | Gamma | غاما |
| δ | Δ | Delta | دلتا |
| ε | E | Epsilon | إيسيلون |
| θ | Θ | Theta | ثيتا |
| λ | Λ | Lambda | لمدا |
| ν | N | Nu | نيو |
| π | Π | Pi | باي |
| ρ | P | Rho | رُو |
| σ | Σ | Sigma | سيجما |
| τ | T | Tau | تاو |
| ϕ | Φ | Phi | فاي |
| ω | Ω | Omega | أوميغا |






el-online.net

# استبانة تقويم الكتاب

## بيانات المستجيب:

| | | |
|---|---|---|
| الاسم/..... | المؤهل وتاريخه/..... | التخصص/..... |
| العمل الحالي /..... | المحافظة/..... | |

## بيانات الكتاب:

| | | |
|---|---|---|
| المادة /..... | الصف /..... | اسم الكتاب /..... |
| الجزء/..... | الطبعة..... | السنة الدراسية /..... |
| تاريخ تعبئة الاستبانة..... | | |

**نهدف من هذه الاستبانة تقويم الكتاب بغرض تحسينه في الطبعات القادمة.**
**نرجو التكرم بوضع علامة (✓) تحت الوصف الذي تراه مناسباً لإجابتك أمام كل بند.**

| البنـــد | جيد جداً | جيد | مقبول | ضعيف |
|---|---|---|---|---|
| **أولاً- الأهداف:** | | | | |
| – وضوح الصياغة . | | | | |
| – تقيس فكرة محددة . | | | | |
| – يمكن قياسها . | | | | |
| – شاملة (معرفية – مهارية – وجدانية) . | | | | |
| **ثانياً - المادة العلمية وأسلوب عرضها:** | | | | |
| – ملائمة لغة الكتاب لمستوى المتعلم . | | | | |
| – سلامة ووضوح لغة الكتاب . | | | | |
| – ترسيخ المحتوى للقيم الدينية والوطنية . | | | | |
| – مادة الكتاب تكسب المتعلم خبرات جديدة . | | | | |
| – ملامسة المادة لمشكلات المتعلم واهتماماته . | | | | |
| – مادة الكتاب تساعد المتعلم على فهم المشكلات . | | | | |
| – مادة الكتاب تراعي الفروق الفردية . | | | | |
| – خلو الكتاب من التكرار في الموضوعات . | | | | |
| – يراعي أسلوب عرض المادة الترابط والتسلسل المنطقي . | | | | |
| – مراعاة مادة الكتاب للحداثة والدقة العلمية . | | | | |
| – عرض المادة تحفز على القراءة والبحث والتفكير . | | | | |
| – تحقيق المحتوى لأهداف المادة . | | | | |

| البنـــد | جيد جداً | جيد | مقبول | ضعيف |
|---|---|---|---|---|
| **ثالثاً - الوسائل التعليمية:** | | | | |
| – وضوحها ودقتها . | | | | |
| – ارتباطها بموضوعات الدرس . | | | | |
| – مدى ارتباطها بالأهداف . | | | | |
| **رابعاً -التقويم:** | | | | |
| – الأنشطة والتمارين تكسب المتعلم مهارات متنوعة . | | | | |
| – بطاقات التفكير تثير دافعية البحث والإطلاع . | | | | |
| – الأسئلة والتمرينات تقيس مدى تحقيق الأهداف . | | | | |
| – مناسبة لمستوى المتعلم . | | | | |
| – دقة ووضوح الصياغة . | | | | |
| – تراعي الفروق الفردية . | | | | |
| – متنوعة وشاملة للجوانب المعرفية . | | | | |
| – تساعد المتعلم في تطبيق ما تعمله في مواقف الحياة المختلفة . | | | | |
| – كفاية الأسئلة في مساعدة المتعلم على استيعاب مادة الكتاب . | | | | |
| **خامساً - الشكل والإخراج الفني:** | | | | |
| – ارتباط الغلاف بمحتوى الكتاب . | | | | |
| – متانة تجليد الكتاب . | | | | |
| – وضوح الألوان ومناسبتها . | | | | |
| – وضوح ودقة الطباعة . | | | | |
| – نوعية ورق الكتاب . | | | | |



el-online.net

## أسئلة عامة، أجب بـ (نعم) أو (لا):

| البنـــد | نعم | لا | |
|---|---|---|---|
| – ينسجم محتوى الكتاب مع نظام الفصلين الدراسيين . | | | |
| – عدد الحصص المقررة تكفي لا ستيعاب مادة الكتاب . | | | |
| – هل الوسائل التعليمية متنوعة وكافية ؟ | | | |
| – هل هناك ضرورة لوجود قائمة بالمراجع ومصادر المعلومات ؟ | | | |
| – هل هناك موضوعات ترى ضرورة حذفها (اذكرها) ؟ | | | |
| – هل هناك موضوعات ترى ضرورة إضافتها (اذكرها) ؟ | | | |
| إذا كان لديك ملاحظات أخرى اكتبها ..... | | | |

## قائمة الأخطاء العلمية واللغوية والمطبعية:

| الخطأ | الصفحة | السطر | الصواب |
|---|---|---|---|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |


الإدارة العامة للمناهج

تيلفكس: ٠١/ ٥٧٥٥٤٩

ص. ب: (٣٥٢٨) صنعاء - الجمهورية اليمنية

البريد الإلكتروني: manhg2013@hotmail.com

أو إدارة المناهج بمكتب التربية بالمحافظة


نرجو التكرم بإرسال الإستبانة إلى



el-online.net

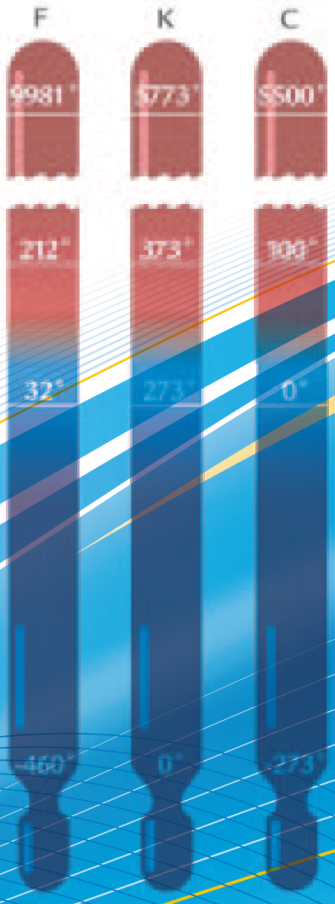
el-online.net

الإدارة العامة للتعليم الإلكتروني

el-online.net

el-online.net

(الأنبياء)
وَجَعَلْنَا مِنَ الْمَاءِ كُلَّ شَيْءٍ حَيٍّ أَفَلَا يُؤْمِنُونَ


F
K
C
9981°
5773°
5500°
212°
373°
100°
32°
273°
0°
-460°
0°
-273°